SOLUÇÕES DE REABILITAÇÃO DE SISTEMAS DE DRENAGEM DE ÁGUAS RESIDUAIS

ANA RITA DE OLIVEIRA CAMPOS

Dissertação submetida para satisfação parcial dos requisitos do grau de

MESTRE EM ENGENHARIA CIVIL — ESPECIALIZAÇÃO EM HIDRÁULICA

Professor Doutor Francisco Manuel de Oliveira Piqueiro

Professor Doutor José Carlos Tentúgal Valente

SETEMBRO DE 2014

À memória dos meu avós

Eu confio nas pessoas, não confio é no Diabo dentro delas"

Jonh Bridger - personagem do filme Italian Job

AGRADECIMENTOS

Finalizada mais uma etapa muito importante na minha vida, quero expressar o meu profundo agradecimento a todos aqueles que direta ou indiretamente contribuíram para o meu sucesso.

Aos Professores Francisco Piqueiro e José Tentúgal Valente, um especial obrigado pela disponibilidade, orientação e paciência constantes ao longo de todo o processo. As ideias e opiniões partilhadas foram fundamentais para a realização do trabalho. Agradeço também por terem confiado e acreditado em mim e por todo o incentivo e simpatia.

Ao Engenheiro Filipe Lopes, agradeço a disponibilidade e o fornecimento das inspeções de vídeo e os relatórios atuais da infraestrutura enterrada da Águas do Noroeste, S.A.

A toda a minha família, com especial destaque para os meus queridos pais, o meu irmão e a minha cunhada, agradeço por todos os sacrifícios, por terem sempre acreditado em mim, pelo interesse demonstrado ao longo do meu percurso académico e por estarem sempre presentes, nos bons e maus momentos. Agradeço também, à aquela que faz parte de mim à doze anos e que fica sempre radiante por me ver, à minha gata Sabrina, que faz parte de mim e da minha família.

Aos meus Brasucas preferidos, Tio Fernando e Tia Goretti, agradeço todas as gargalhadas, o carinho e o apoio demonstrado durante o curso e principalmente durante a realização da tese e as minhas sinceras desculpas pela minha ausência durante este período.

Um forte agradecimento ao meu namorado José Artur, por todo o carinho, paciência e amor demonstrados, que foram fundamentais durante a elaboração do trabalho, sem o seu apoio incondicional esta etapa não seria possível.

Aos meus fiéis amigos, Rita, Filipa, Margarida, Joaninha, Carvas, Beatriz, Filipe, King e o meu sempre longo e sempre perto Sérgio, por estarem sempre presentes para nos mau momentos ou problemas, mas principalmente pelos momentos de descontração e boa disposição que bem serviram para aliviar o stress.

Aos meus amigos de faculdade, um agradecimento pelo apoio, troca de opiniões e bons momentos que sempre proporcionaram ao longo deste tempo, sem nunca esquecer o meu fiel companheiro Rúben e a minha querida Mariana, que eles foram as principais pessoas durante estes anos e que sei que vão continuar comigo.

Aos meus queridos "Aquafriends" pelo fantástico ano letivo e por criarem um ambiente acolhedor, familiar e amigável no departamento de Hidráulica. E sem esquecer, um enorme agradecimento à Dona Esmeralda Miguel pela boa disposição e carinho demonstrado este ano.

RESUMO

Atualmente o setor de reabilitação afirma-se como uma alternativa viável à nova construção. A reabilitação não só assenta pela intervenção no edificado como também em infraestruturas enterradas como em sistemas de drenagem de águas residuais. O mercado nacional está a fazer um esforço para se redirecionar para a manutenção e reabilitação das infraestruturas enterradas contrapondo a construção de novas redes de drenagem.

Cada vez existe um maior número de técnicas de reabilitação de sistemas de drenagem de águas residuais solucionando, todo o tipo de problemas destes sistemas aplicando em cada caso as técnicas que melhor se adequarem à solução dos problemas.

Com este trabalho pretende-se expor estas técnicas e todo o processo anexo a estas, para então se compreender qual o papel que estas poderão vir a desempenhar no emergente mercado da reabilitação e manutenção.

Neste contexto, apresenta-se o caso de estudo do coletor de S. Romão da concessão da empresa Águas do Noroeste, S.A. aplicando a melhor solução para este mesmo onde se prevê a utilização de uma técnica de substituição de condutas para renovação de uma rede de drenagem de águas residuais.

PALAVRAS-CHAVE: Sistemas de Drenagem de Águas Residuais, Reabilitação, Técnicas de Reabilitação de Coletores.

ABSTRACT

Currently, in the field of civil engineering and infrastructure, the rehabilitation sector is emerging as a viable alternative to reconstruction and new construction. Rehabilitation is not only based on the intervention as well as in built infrastructure, including underground structures as in wastewater systems. The domestic market is making an effort to redirect to the maintenance and rehabilitation of buried infrastructure opposing the construction of new drainage networks.

In recent times we have witness the presentation of an increasing number of rehabilitation techniques for drainage of sewage systems, allowing to solve all kinds of structural problems and functioning of these systems, applying in each case the techniques that best suit the nature of the problems .

This work intends to expose some of these techniques and the whole process related to these, and also try to understand what role they may come to play in the emerging market of rehabilitation and maintenance.

In this context, it presents a study case of the wastewater collector of S. Romão, in Viana do Castelo, used by the company Águas do Noroeste, SA, to which, after evaluating its condition, we will try to propose the best solution for its renewal, as one on the rehabilitation techniques, as opposed to a more tradictional replacement of the pipelines as the action for renewal of the system.

KEYWORDS: Wastewater Systems, Rehabilitation, rehabilitation techniques for sewer pipes.

ÍNDICE GERAL

ÍNDICE DE FIGURAS

ÍNDICE DE TABELAS

SÍMBOLOS, ACRÓNIMOS E ABREVIATURAS

Kg/m^3 - Quilograma por Metro Cúbico

E - Módulo de Elasticidade [MN/m^2]

FC - Fibrocimento

FFD - Ferro Fundido Dúctil

PVC - Policloreto de Vinilo

PEAD - Polietileno de Alta Densidade

PRFV - Poliéster reforçado com fibra de Vidro

PVA - Polivinil de Álcool

PFA - Pressões de Funcionamento Admissíveis

EN - Norma Europeia

Fig. - Figura

1
INTRODUÇÃO

1.1 CONSIDERAÇÕES PRELIMINARES

O sistema de drenagem de água tem como objetivo conduzir as águas residuais das populações até um sistema de tratamento e de destino final. O transporte das águas residuais pode ser efetuado através de um funcionamento gravítico, sendo as tubagens circulares normalmente dimensionadas para meia secção; por outro lado, se necessário (devido a condições topográficas, por exemplo) o transporte de águas residuais é feito através de condutas elevatórias. Para o dimensionamento da rede de drenagem é essencial ter em atenção a economia do processo, as velocidades mínimas e a capacidade de transporte e também respeitar a legislação de cada país.

Um eficiente sistema de saneamento e tratamento de águas residuais contribui, sob muitas formas, para assegurar uma maior qualidade de vida das populações. A designação *águas residuais* de carácter abrangente, pode, de acordo com a sua proveniência referir-se a três distintos tipos de águas residuais, consoante a sua natureza: domésticas, industriais e pluviais. Portadoras de diferentes tipos de poluição, em função da sua proveniência, elas acabarão, no seu conjunto, por ter um impacto ambiental negativo se não forem adequadamente recolhidas e tratadas.

O desenvolvimento humano e das suas actividades tem sido acompanhado duma produção crescente de resíduos poluentes. Assim sendo, tem surgido a consciência que os recursos hídricos não são inesgotáveis e como tal é necessário preserva-los e conservá-los. A sua degradação por efeito das águas residuais pode não apenas resultar numa grave deterioração do meio ambiente, como conduzir a uma escassez de água potável cada vez mais acentuada.

A drenagem de águas residuais torna-se assim imperativa nas sociedades contemporâneas para redução da poluição dos meios hídricos como, por exemplo, rios, lagos e aquíferos. A manutenção de adequadas condições de salubridade nas áreas urbanas é constituída essencialmente pelas seguintes fases: recolha das águas residuais domésticas e industriais; condução ou transporte até uma estação de tratamento; tratamento eficaz e posterior devolução ao meio natural em condições sustentáveis e em conformidade com a Legislação Nacional e Comunitária.

Esta atividade tem como função preservar a qualidade de vida no local e no meio em que vivemos; primeiro, porque desempenha um importante papel de proteção sanitária das populações: uma adequada recolha, transporte e tratamento das águas residuais evita que os rios se transformem em difusores de doenças. Acresce que o saneamento contribui, numa forma decisiva, para a manutenção da qualidade do ambiente e das atividades ligadas à água, como o turismo e a piscicultura, não esquecendo a agricultura e a indústria que necessitam deste recurso para assegurar o seu desenvolvimento.

Todavia, o envelhecimento dos sistemas de drenagem de água é natural e inevitável e, à medida que estes componentes atingem o final da vida útil, as ruturas e as interrupções no sistema de drenagem tornam-se cada vez mais frequentes e, por consequência, os custos de manutenção do sistema aumentam. Assim, as entidades gestoras são confrontadas com a necessidade de reparar, reabilitar e/ou substituir os órgãos constituintes do sistema.

Em Portugal, a rede de sistemas de drenagem de água já abrange grande parte da população, sendo que muitos destes sistemas já excederam o tempo de vida útil para o qual foram dimensionados. Tem-se assim verificado uma constante necessidade de intervenção nos sistemas de drenagem de água. Contudo, o conceito de reabilitação na engenharia civil está associado particularmente à intervenção em edifícios. Começam, então, a emergir no panorama nacional técnicas de reabilitação de infraestruturas enterradas, nomeadamente as tubagens que materializam a rede de coletores do sistema de drenagem, em detrimento de intervenções tradicionais de completa substituição das tubagens com recurso a abertura de vala. Desta forma, é indispensável definir estratégias de intervenção através de procedimentos, normas e modelos de apoio à decisão no que se refere a como, quando, onde e o que fazer em cada situação especifica.

Existem variadas alternativas e técnicas de reabilitação de condutas de drenagem de água. A seleção da alternativa mais adequada para cada caso e o estabelecimento de prioridades de reabilitação são condicionadas por aspetos económicos e de minimização de riscos, por parte da entidade gestora.

1.2 ÂMBITO, OBJETIVOS E METODOLOGIA DO TRABALHO

A iniciativa para o desenvolvimento deste trabalho consiste na constatação da inexistência ou reduzida informação sobre técnicas de reabilitação de sistemas de drenagem de água. Além disso pretende-se reunir toda a informação dispersa em publicações, tais como livros e revistas, e em *sites* da internet.

É de reconhecimento geral que o planeamento e a conceção são etapas fundamentais para que uma intervenção seja bem-sucedida e, como tal, o presente trabalho tem como principal objetivo apresentar o processo de reabilitação. Começando pela seleção da rede a intervir, passando pelos problemas dos materiais utilizados num sistema de drenagem, técnicas de inspeção local, seleção das técnicas de reabilitação possíveis e trabalhos preparatórios.

Complementarmente será analisado um caso de estudo em que tipo de inspeção e o tipo de levantamento de infraestruturas a realizar. O caso de estudo será relevante para ajudar a compreender e a validar a informação pesquisada e recolhida ao longo do presente trabalho.

1.3 ORGANIZAÇÃO ESTRUTURAL DO TRABALHO

O presente trabalho inicia-se com um capítulo introdutório, onde se definem os pressupostos iniciais deste, o âmbito de análise, a metodologia de atuação e os objetivos a alcançar. Para além deste capítulo a tese está organizada noutros 8 capítulos.

O capítulo 2 aborda o estado de arte, isto é, da importância da intervenção de infraestruturas, introduzindo este capítulo com o tipo de sistemas de drenagem de águas residuais existentes. Em seguida é descrito o tipo de componentes existentes nestes sistemas assim como suas características, os aspetos a ter em conta na conceção dos sistemas, quer em planta e em perfil, e a verificação hidráulica-sanitária.

O capítulo 3 inicia-se com uma introdução ao tema "reabilitação" assim como todos os conceitos associados à mesma. Para além disso são abordadas as fases que se deve percorrer num procedimento de reabilitação.

O capítulo 4 aborda a gestão patrimonial que deve ser adotada nas infraestruturas, isto é, como fazer a manutenção e prever a reabilitação estrutural.

O capítulo 5 trata o tipo de técnicas de inspeção a que se pode recorrer em infraestruturas enterradas. Neste capítulo são apresentadas as várias técnicas para avaliação do estado das tubagens, desde a mais básica inspeção visual até técnicas altamente sofisticadas, terminando com uma descrição dos materiais utilizados nas tubagens, bem como os seus problemas mais usuais.

No capítulo 6 são descritos os trabalhos preparatórios realizados na reabilitação em infraestruturas enterradas, como limpeza dos coletores, o estabelecimento da rede provisória e os sistemas de segurança a implementar.

O capítulo 7 aborda todo o tipo de técnicas de reabilitação de sistemas de drenagem de águas, descrevendo-as e abordando o seu modo de execução, gama de aplicação e condições favoráveis e desfavoráveis de aplicação.

No capítulo 8 apresenta-se o caso de estudo, estabelecendo a melhor técnica a utilizar para cada troço do sistema de drenagem em causa. Neste capítulo pretende-se validar todas as fases/etapas relacionados com todo o processo descrito nos capítulos anteriores.

Por fim, o capítulo 9 constitui a fase final do trabalho e corresponde à enumeração das principais conclusões obtidas quer da recolha e tratamento de informação, quer do caso de estudo. É igualmente apresentado um conjunto de sugestões para desenvolvimentos futuros que a presente análise suscita.

2

TIPOS DE SISTEMAS DE DRENAGEM DE ÁGUAS RESIDUAIS E SEUS COMPONENTES

2.1 A IMPORTÂNCIA DA INTERVENÇÃO EM INFRAESTRUTURAS

Desde a construção das primeiras infraestruturas de redes de drenagem de água que a principal preocupação em Portugal é aumentar a cobertura de forma a abranger uma maior área, sendo por isso mobilizados todos os recursos financeiros disponíveis nesse sentido. Do ponto de vista de conforto e de saúde da população esta medida torna-se interessante, uma vez que assim um maior número de pessoas tem acesso ao saneamento básico. Porém, torna-se necessário começar a analisar o estado de conservação das redes já existentes, porque se nada for feito nesse sentido poderão começar a surgir problemas, com o aproximar do fim da vida útil das infraestruturas. A ocorrência de deficiências nas redes trarão, concerteza, consequências a nível económico e ambiental.

Atualmente, pode-se constatar que as entidades gestoras concentram, maioritariamente, os seus orçamentos no sentido da expansão das redes de drenagem, relegando para segundo plano as preocupações em elevar o nível de qualidade do serviço. Constata-se ainda que as ações de reabilitação, manutenção e substituição das redes já existentes não são contempladas como preocupação prévia, limitando-se apenas a reparações que surgem como resposta a problemas pontuais.

Contudo, a reabilitação de sistemas de drenagem de água tem, de forma gradual, ganho importância em Portugal no quadro da melhoria do desempenho, do cumprimento da legislação ambiental e da rendibilização dos elevados investimentos a efetuar e já efetuados. Esta importância crescente constata-se porque os custos das ações de reabilitação e manutenção pontuais, são três vezes superiores quando comparadas ao custo de uma manutenção preventiva [1].

A água distribuída é utilizada para usos domésticos, comerciais, industriais e municipais e estes variados usos modificam, em maior ou menor extensão, as características físicas, químicas e biológicas da água transformando-a, assim, em águas residuais impróprias para reutilização direta, sendo, então, indispensável a sua drenagem (afastamento da população) e o seu tratamento, com fim de evitar riscos de saúde pública.

As primeiras redes de drenagem de água foram construídas com o propósito de escoar as águas pluviais. Contudo, o desenvolvimento industrial e, consequentemente a crescente concentração populacional nas grandes cidades, levou a que apenas no século XIX tivesse sido autorizada a ligação das águas residuais domésticas às redes de drenagem pluviais existentes, o que agravou o risco de transmissão de doenças de origem hídrica, devido às condições precárias das redes.

Assim, ao longo do século XX, o tratamento de águas residuais passou a constituir uma necessidade imperiosa, tendo, então, sido inseridas estações de tratamento de água nos sistemas de drenagem existentes. Mais tarde, com o reconhecimento das vantagens de sistemas separativos (duas redes de coletores distintas, uma destinada às águas residuais domésticas e industriais e outra destinada à drenagem das águas pluviais), foram introduzidos os sistemas de drenagem com a conceção atual, inclusivamente sujeitando as águas residuais industriais a pré-tratamento antes do seu lançamento nas redes públicas de coletores, de forma que as águas residuais possam ser conduzidas nas redes de drenagem e tratadas em estação convencionais de tratamento desse efluente.

2.2 SISTEMAS DE DRENAGEM DE ÁGUAS RESIDUAIS

2.2.1 CONSIDERAÇÕES DE ÂMBITO GERAL

Os sistemas de drenagem de água têm como finalidade a recolha, o transporte e a devolução aos meios recetores, onde é realizada a descarga final, em condições de qualidade de água adequada – o que pode envolver operações de tratamento das águas residuais.

As redes de drenagem de águas residuais são convencionalmente constituídas por redes de coletores, podendo drenar essencialmente águas residuais domésticas, industriais e pluviais. As águas residuais domésticas provêm de instalações sanitárias, cozinhas e zonas de lavagem de roupas e caracterizam-se por conterem quantidade apreciáveis de matéria orgânica, serem facilmente biodegradáveis e manterem relativa constância das suas características no tempo. As águas residuais industriais derivam da atividade industrial e caracterizam-se pela diversidade dos compostos físicos e químicos que contêm, dependentes do tipo de processamento industrial e ainda por apresentarem, em geral, uma grande variabilidade das suas características no tempo. As águas residuais pluviais resultam da precipitação atmosférica caída diretamente no local ou em bacias limítrofes contribuintes e apresentam geralmente menores quantidades de matéria poluente, particularmente de origem orgânica. Consideram-se equiparadas a águas pluviais as águas provenientes de regas de jardins e espaços verdes, de lavagem de arruamentos, passeios, pátios e parques de estacionamento, normalmente recolhidos por sarjetas e sumidouros.

Para pequenos aglomerados populacionais, sobretudo em zonas rurais, os sistemas individuais de drenagem são considerados técnica e economicamente apropriados. São constituídos por uma fossa séptica para cada habitação, que recebe o efluente da rede predial a que está ligada, e direcionando o efluente para um sistema de descarga final do esgoto, geralmente constituídos por poços absorventes ou trincheiras filtrantes. Devido, sobretudo, a condições inadequadas dos solos, falta de projeto, má construção e negligência dos proprietários, estes sistemas falham frequentemente, contaminando as águas subterrâneas. Nestas circunstâncias aconselha-se a ligação a redes públicas de drenagem de água residual.

Geralmente, os sistemas de drenagem e transporte são de funcionamento predominantemente gravítico, mas pode ser necessário que tal se realize por intermédio de sistemas de drenagem de funcionamento sob pressão.

2.3 TIPOS DE SISTEMAS DE DRENAGEM DE ÁGUAS RESIDUAIS

Conforme a natureza da qualidade das águas residuais que transportam, os sistemas de drenagem de águas residuais podem ser classificados, de acordo com o Decreto Regulamentar 23/95 de 23 de Agosto, como:

- Separativos, constituídos por duas redes de coletores distintas, uma destinada às águas residuais domésticas e industriais e outra à drenagem das águas pluviais ou similares;
- Unitários, constituídos por uma única rede de coletores, onde são admitidas conjuntamente as águas residuais domésticas, industriais e pluviais;
- Mistos, constituídos pela conjugação dos dois tipos anteriores, em que parte da rede de coletores funciona como unitário e a restante como sistema separativo;
- E, separativos parciais ou pseudo-separativos, em que se admite, em condições excecionais, a ligação de águas pluviais, por exemplo, de pátios interiores aos coletores de águas residuais domésticas.

No quadro seguinte apresentam-se, por tipo de sistema, a classificação, as condições de escoamento e os respetivos objetivos principais.

Tabela 2. 1 - Tipos de Sistemas de Drenagem de Águas Residuais

Tipos de Sistema	Condições de Escoamento	Principais Objetivos
Separativos Domésticos	Com escoamento em superfície livre	São o tipo de coletores mais usuais para o transporte de águas residuais: comerciais e industriais. Vulgarmente transportam, também, água de infiltração e águas pluviais ou de lavagem, decorrentes de ligações erróneas.
	Sob Pressão	As condutas sob pressão, por bombagem, são usadas quando se torna técnica e economicamente inviável ou desfavorável o recurso a soluções gravíticas de escoamento em superfície livre. No caso dos sistemas simplificados (também designados por sistema de esgotos decantados ou sistemas de coletores de pequeno diâmetro) é aceitável o transporte gravítico sob pressão.
	Sob Vácuo	Este tipo de sistema é pouco frequente, sendo o transporte bifásico (ar e água) resultado da criação de condições de subpressão nas condutas. É utilizado, em regra, para o transporte de águas residuais domésticas, excluindo contribuições pluviais e de infiltrações, e para populações servidas de pequena dimensão.
Separativos Pluviais	Com escoamento em superfície livre (excecionalmente sob pressão)	Neste caso, são transportadas as águas de precipitação de pavimentos, cobertura de edifícios e áreas de impermeabilização em meio urbano. Não é permitida a ligação de águas residuais domésticas e o escoamento só excecionalmente se processa sob pressão
Unitários	Com escoamento em superfície livre (excecionalmente sob pressão)	Neste caso, a totalidade das águas residuais, incluindo as águas pluviais, é transportada pelo sistema. Nos Estados Unidos da América, em Portugal e em muitos países da Europa é rara a construção de sistemas de drenagem do tipo unitário.
Pseudo-Separativo	Com escoamento em superfície livre	Neste caso, e excecionalmente, admite-se a ligação de águas pluviais dos coletores domésticos devido ao facto dessas águas não apresentarem condições de afluência gravítica a coletores pluviais. É um tipo de sistema em que a sua construção não é frequente em novas urbanizações e empreendimentos.

Tabela 2. 2 - Vantagens e Inconvenientes dos vários tipos de Sistemas de Drenagem

Tipo de Sistema	Vantagens	Inconvenientes
Sistemas convencionais, separativos, domésticos e pluviais	O sistema transporta efluentes de natureza distinta por diferentes coletores, o que permite que sejam sujeitos a diferentes condições de tratamento e destino final.	Custos elevados no primeiro investimento associados à necessidade de dispor de dois tipos de coletores. Bastantes cuidados na construção em termos de ligação de ramais prediais.
Sistemas convencionais unitários	Economia no primeiro investimento associada à construção de um único coletor que transporta a totalidade da água residual. Simplicidade do projeto em termos de ligação de ramais prediais.	Descarga de excedentes poluídos em tempo de chuva, com eventuais impactes negativos no Ambiente. Acréscimo de encargos de energia e de exploração em instalações elevatórias e de tratamento, devido ao excedente de contribuição pluvial em tempo de chuva.
Sistemas não convencionais de coletor gravítico de pequeno diâmetro ou sob vácuo	Esses sistemas podem conduzir, nomeadamente em zonas planas ou com elevados níveis freáticos, a economias significantes de primeiro investimento. No caso de sistemas sob vácuo, redução do risco da ocorrência de condições de septicidade e controlo da infiltração.	Acréscimo em encargos de exploração e, conservação, em relação ao sistema gravítico convencional. No caso do sistema sob vácuo, requer-se um grau de conhecimento e de especialização superior, para a exploração.

2.4 COMPONENTES DO SISTEMA DE DRENAGEM DE ÁGUA RESIDUAL

2.4.1 TIPOS DE COMPONENTES

Um sistema de drenagem de água residual é complexo e pode considerar-se constituído por um conjunto de partes. A cada uma dessas partes correspondem-lhe órgãos, constituídos por obras de construção civil, equipamentos elétricos e eletromecânicos, acessórios, instrumentação e equipamentos de automação e controlo. Cada órgão de um sistema de drenagem de água residual tem a sua respetiva função e/ou objetivo.

Nos sistemas de drenagem de água residual existem diferentes componentes. Estes são:

- Tubagens e ligações no interior da habitação ou edificação (designadamente ramais de descarga, tubos de queda, algerozes e caleiras, colunas de ventilação, sifões e ralos);
- Ramais de ligação à rede de drenagem pública;
- Coletores;
- Câmaras de visita;
- Sarjetas e sumidouros.

Instalações complementares nos sistemas:

- Descarregadores;
- Instalações elevatórias;
- Sifões invertidos;
- Bacias de retenção.

Excecionalmente recorre-se a túneis e pontes-canal.

Cada um destes diferentes componentes será caracterizado detalhadamente neste capítulo.

Os ramais de ligação têm como objetivo assegurar o transporte das águas residuais prediais, desde as câmaras de ramal de ligação até à rede de coletores. A inserção dos ramais de ligação na rede pode fazer-se nas câmaras de visita ou, direta ou indiretamente, nos coletores. A inserção direta dos ramais de ligação nos coletores é admissível para diâmetros de coletores superiores a 500 mm e deve fazer-se a um nível superior a dois terços da altura daquela. A inserção dos ramais nos coletores pode fazer-se por meio de forquilha simples, com ângulo de incidência adequado, desde que a superfície livre do escoamento no coletor se situe a cota inferior à cota da superfície de escoamento no ramal.

Tabela 2. 3 - Componentes e Funções dos Diferentes Órgãos de Drenagem

Componente	Tipo	Finalidade
Redes interiores dos edifícios	Comum	Transporte de águas residuais e de águas pluviais para o exterior da edificação.
Ramais de ligação	Comum	Promover a ligação ou descarga de águas residuais (domésticas, comerciais, industriais e pluviais) para a rede de drenagem.
Rede de drenagem	Comum	Recolha das águas residuais do aglomerado ou conjunto de aglomerados – apresenta serviço de percurso.
Emissários e intercetores	Comum	Transporte das águas residuais recolhidas pelas redes de drenagem, que têm serviço de percurso, para o local de tratamento ou de destino final. No caso de descarga no oceano, designam-se por emissários submarinos.
Sistemas elevatórios	Complementar	Transporte das águas residuais em situação em que a drenagem gravítica não é considerada tecnicamente e economicamente a solução adequada.
Descarregadores	Complementar	Órgãos do sistema, em regra ligados a coletores de recurso e que entram em operação, por exemplo, para fazer face à ocorrência de avarias ou necessidade de colocar fora de serviço componentes que se dispõe a jusante, ou para fazer face à afluência excessiva de águas residuais.
Sifões Invertidos	Complementar	Órgão dos sistemas, que incluem um ou mais trechos com escoamento sob pressão gravítica, a que se recorre quando o escoamento com superfície livre não é técnica e economicamente exequível.
Bacias de Retenção	Complementar	Órgãos por vezes usados em sistemas pluviais, e mais raramente em sistemas unitários, e que se destinam principalmente, e em regra, a reduzir os caudais de ponta de cheia à custa de efeitos de retenção e amortecimento.
Túneis	Complementar e excecional	Por vezes, quando as condições topográficas e geológicas o justifiquem economicamente, pode recorrer-se à construção de coletores em túnel (sem recurso à abertura de valas a céu aberto).

As redes de drenagem dispõem, regra geral, de coletores assentes com escavação em vala, e diversos elementos acessórios, como por exemplo, câmaras de visita, câmaras de corrente de varrer, sarjetas e

sumidouros. A rede de drenagem é constituída por um conjunto de trechos retos de coletores separados por câmaras de visita. Os emissários recolhem o afluente das redes de drenagem e conduzem-no ao local de tratamento ou destino final.

2.4.2 Tubagens e Acessórios

Num sistema de drenagem de água residual a função dos coletores é o transporte da água residual até uma estação de tratamento de água, ETAR ou então um recurso hídrico (oceano ou rio) que se assuma como meio recetor. Os coletores são materializados por tubagens, podendo estas ser de diferentes materiais: fibrocimento (FC), aço, ferro fundido dúctil (FFD), policloreto de vinilo (PVC), polietileno de alta densidade (PEAD), poliéster reforçado com fibra de vidro (PRFV), betão armado e pré-esforçado, grés vitrificado e polipropileno. A escolha do tipo de material a empregar decorre de vários fatores técnicos e económicos, numa conjuntura de mercado que é muito dinâmica, pelo que, para cada situação de projeto, e mesmo na fase de adjudicação da obra, deve ser efetuada uma avaliação das características e comportamentos expectáveis, em função do meio em que vão ser instalados, e das condições de operação a que vão ser submetidos, tendo como fatores de ponderação, entre outros, os seguintes:

- Custo;
- Propriedades mecânicas, designadamente a resistência à pressão interior, a rigidez diametral e a resistência à flexão;
- Propriedades hidráulicas (rugosidade interior e número de juntas), propriedades físicas (massa volúmica, condutibilidade elétrica) e propriedades químicas (resistência à corrosão);
- Disponibilidade no mercado e de pessoal especializado na montagem;
- Experiência e uniformização de materiais utilizados em cada sistema (facilitando a exploração, manutenção e gestão de “stocks” de cada entidade).

Para cada tipo de material mencionado terá interesse referir as seguintes características:

a) Gama de diâmetros dos tubos e dos acessórios;
b) Comprimentos dos tubos;
c) Pressões de serviço (classes ou pressões nominais);
d) Tipos de juntas;
e) Acessórios disponíveis;
f) Implicações relativamente às valas;
g) Proteção catódica;
h) Principais vantagens e inconvenientes de cada tipo.

2.4.2.1. Fibrocimento (FC)

As condutas de fibrocimento foram bastante utilizadas nas décadas de 60 e 70. Este tipo de tubagem foi caindo em desuso dada a natureza cancerígena de um dos componentes, o amianto. Os tubos de fibrocimento são fabricados a partir de uma pasta homogénea constituída por uma mistura de cimento Portland e de fibras de um material de reforço, com adição de água. Cada tubo é obtido pelo enrolamento e compressão de camadas de pasta, muito finas, sobre um mandril metálico, até uma espessura determinada. Após o fabrico, os tubos de fibrocimento são imersos em água durante três a quatro semanas para que se verifiquem nas melhores condições as reações de presa e endurecimento, sendo em seguida submetidos às operações de controlo de acabamento e dimensões.

A Norma NP EN 512 (1996) prevê dois tipos de tubos de cimento reforçado por fibras:

– Tipo AT (Tecnologia do Amianto) para produtos que contêm na sua formulação amianto crisótilo;
– Tipo NT (Tecnologia sem Amianto) para produtos reforçados com outras fibras e que não contêm amianto.

No entanto, embora a nova tecnologia sem amianto (recorrendo a uma mistura de fibras de reforço em PVA (polivinil álcool), fibras de celulose, sílica amorfa e aditivos) esteja a ser utilizada no fabrico de diversos produtos de fibrocimento – sob a designação de Naturocimento – como, por exemplo, chapas de cobertura e revestimento e correspondentes acessórios para remates e acabamentos.

Este tipo de tubos tem caído em desuso devido à natureza cancerígena do amianto. Porém, nestas condições, estas condutas têm as seguintes propriedade físicas e mecânicas:

Tabela 2. 4 - Propriedades Físicas e Mecânicas de Fibrocimento [2]

Massa Volúmica	1 900 a 2 200 kg/m^3
Módulo de Elasticidade (médio)	
– Compressão Axial	E = 23 000 MN/m^2
– Flexão Longitudinal	E = 20 500 a 24 000 MN/m^2
– Esmagamento	E = 25 500 MN/m2
– Pressão Interior	E = 33 000 MN/m^2
Módulo de Poisson	5 a 6
Tensão de rotura por tração devida à pressão interior	20 MN/m^2
Tensão de rotura por tração devida à compressão diametral (esmagamento)	45 MN/m^2
Tensão de rotura por tração devida à flexão longitudinal	25 MN/m^2

De acordo com a Norma NP EN 512 (1966) os tubos de fibrocimento com diâmetro nominal até DN 1000 (mm), são classificados segundo a gama de valores da pressão nominal (PN) seguinte:

Tabela 2. 5 - Gama de Valores de Pressão Nominal dos Tubos de Fibrocimento [2]

PN (bar)	2,5	4	6	7,5	9	10
	12	12,5	15	16	17,5	20

Todavia é frequente que nem todos os fabricantes comercializem todos os valores de pressão descritos. Os tubos com diâmetro nominal superior a 1000 milímetros são dimensionados para satisfazer exigências específicas de um caso concreto.

A série de diâmetros nominais, expressos em milímetros, é a seguinte:

Tabela 2. 6 - Diâmetros nominais de Tubos de Fibrocimento [2]

50	60	80	100	125	150	175	200	250	300	350	400
450	500	600	700	800	900	1000	1100	1200	1300	1400	1500
1600	1700	1800	1900	2000	2100	2200	2300	2400	2500	-	-

2.4.2.2. Tubos de Aço

Os tubos de aço são fabricados por laminagem a quente, sem soldaduras, com comprimentos variáveis, até 14 m, ou por enrolamento e soldadura de chapas de aço (nos maiores diâmetros). São tubos elásticos, com excelentes características em termos de resistência, que sofrem pouco por efeito de assentamento do terreno. São leves e por isso é fácil o seu transporte e assentamento. Necessitam de cuidada proteção contra a corrosão produzida a partir do terreno envolvente, proteção que pode ir desde uma imersão em asfalto quente até ao envolvimento por telas e pinturas com produtos apropriados. Encontram-se também disponíveis no mercado, tubos de aço com diferentes tipos de revestimentos sobre as duas faces, concebidos com o objetivo de proteger o material aço da corrosão, permitindo-lhe manter as suas características face a condições de utilização mais exigentes ou agressões exteriores particularmente severas.

Os revestimentos interiores, em geral, são realizados com argamassas de cimento centrifugadas enquanto para as proteções exteriores se utilizam, por exemplo, termoplásticos aplicados em três camadas de revestimento (uma resina epoxídica, um adesivo copolímero e uma camada exterior em polipropileno).

Os tubos de aço são fabricados numa extensa gama de diâmetros nominais, expressos em milímetros, que incluem:

Tabela 2. 7 - Gama de diâmetro nominais de Tubos de Aço [2]

60	70	80	90	100	125	150	175	200	225
250	275	300	325	350	400	500	600	700	800
900	1000	1100	1200	1300	1400	1500	1600	1800	2000

2.4.2.3. Tubos de Ferro Fundido (FFD)

Na designação genérica de "ferro fundido" integram-se dois materiais com características distintas – o ferro fundido cinzento e o ferro fundido dúctil. No ferro fundido, durante a solidificação, o carbono separa-se da massa metálica, apresentando-se sob a forma de palhetas ou lamelas – ferro fundido cinzento ou ferro fundido de grafite lamelar, ou sob a forma de nódulos aproximadamente esféricos – ferro fundido nodular ou ferro fundido dúctil.

O ferro fundido dúctil apesar de possuir o mesmo teor em grafite que o ferro fundido cinzento apresenta notáveis características mecânicas (como resistência à tração e ao choque e a elasticidade) para além das propriedades comuns (resistência à corrosão, aptidão para moldagem e para ser maquinado, resistência ao desgaste por fricção e capacidade de amortecimento de vibrações).

Os tubos de ferro fundido dúctil são geralmente fabricados por centrifugação. O metal em fusão é submetido a uma elevada velocidade de rotação e, devido à força centrífuga, o ferro no estado líquido é lançado contra as paredes de um molde de eixo horizontal, para formar o tubo desejado. Depois de moldados, os tubos são submetidos a tratamento térmico especial destinado a tornar o metal homogéneo e resistente ao corte e ao choque. Interiormente, os tubos são revestidos com um produto betuminoso ou

com argamassa de cimento. O segundo recobrimento é preferível sobretudo quando constituído por argamassa de cimento, de alto-forno, aplicada por centrifugação, a qual confere aos tubos uma superfície pouco rugosa e os preserva do risco de incrustações. Outras soluções *standard* correspondem a um revestimento interno em poliuretano, aconselhável no caso de águas particularmente agressivas. Os revestimentos exteriores poderão ser realizados com diferentes produtos, desde uma pintura asfáltica até recobrimentos reforçados concebidos para neutralizarem a ação de meios excecionalmente agressivos. Para além das gamas *standard* clássicas fornecidas habitualmente com uma metalização com zinco combinada com uma pintura betuminosa, os fabricantes disponibilizam presentemente uma grande diversidade de revestimentos externos incluindo a alternativa de uma pintura epoxídica e/ou a incorporação de uma manga de polietileno ou de poliuretano.

Os tubos de ferro fundido são fabricados numa extensa gama de diâmetros nominais, expressos em milímetros, que incluem:

Tabela 2. 8 - Gama de Diâmetro Nominais de Tubos de Ferro Fundido [2]

60	80	100	125	150	200	250	300	350	400	450	500
600	700	800	900	1000	1100	1200	1400	1500	1600	1800	2000

O comprimento dos tubos varia com o diâmetro, sendo de 6 m para diâmetros até 600 mm e de 7 m (ou valores próximos de 8, 2 m) para diâmetros superiores.

2.4.2.4. Tubos de Policloreto de Vinilo (PVC)

Os tubos de PVC são obtidos por extrusão de uma mistura de policloreto de vinilo com aditivos lubrificantes, estabilizantes e pigmentos, mas isenta de plastificantes, designada por policloreto de vinilo não plastificado (PVC-U).

As características principais dos tubos são determinadas pelas propriedades da matéria-prima e pelas condições de extrusão, podendo considerar-se como valores médios os seguintes:

Tabela 2. 99 - Propriedade da matéria-prima de Tubos de Policloreto de Vinilo [2]

Massa Volúmica	1 400 kg/m^3
Resistência à Tração (a 20ºC)	20 MN/m^2
Módulo de Elasticidade à Tração (a 20ºC)	3 000 MN/m^2
Resistência à Compressão (a 20°C)	80 MN/m^2
Resistência à Flexão (a 20°C)	15 MN/m^2

Os diâmetros nominais indicados na mesma Norma EN 1452-2, com utilização são os seguintes:

Tabela 2. 10- Diâmetro Nominais dos Tubos de Policloreto de Vinilo [2]

63	75	90	110	125	140	160	180	200	225	250	280
315	355	400	450	500	560	630	710	800	900	1000	-

Os tubos são fabricados em varas de 6 m de comprimento.

2.4.2.5. Tubos de Polietileno de Alta Densidade (PEAD)

Os tubos de polietileno obtêm-se por extrusão de um polímero devidamente aditivado – termoplástico – a uma temperatura próxima de 260ºC, sendo o termoplástico fundido impelido pela extrusora através do bocal do molde a uma pressão tão uniforme quanto possível.

Os tubos de polietileno poderão ser de "massa volúmica baixa" ou de "massa volúmica alta", devendo empregar-se os do segundo tipo – conhecidos pela sigla PEAD – nos sistemas de abastecimento e drenagem de água.

A evolução dos processos de fabrico das matérias-primas permite atualmente produzir diferentes tipos de resinas de polietileno de alta densidade, utilizadas no fabrico de tubos, que apresentam características específicas sucessivamente melhoradas.

Inicialmente fabricados com resinas PE63 (MRS 63; σ_s = 5,0 MPa), os tubos de PEAD estão presentemente a ser produzidos com resinas PE80 (MRS 80; σ_s = 6,3 MPa) e ainda com a nova geração de resinas PE100 (MRS 100; σ_s = 8,0 MPa). Estas matérias-primas não só vieram permitir sucessivas reduções da espessura dos tubos sem lhes retirar resistência à pressão interna, como também possibilitaram o alargamento das gamas de pressões nominais disponíveis.

As propriedades físicas mais significativas apresentam valores como:

Tabela 2. 101 - Propriedades Físicas das diversas resinas usadas na produção de Tubos PEAD

Propriedades Físicas	PE 80	PE 100	Unidade
Densidade	0,956	0,961	kg/m^3
Tensão de Limite Elástico	22	23	MN/m^2
Alongamento à Rotura	> 600	> 600	%
Módulo de Flexão	900	950	MN/m^2
Módulo de Elasticidade	900	1400	MN/m^2
Índice de Fluidez	0,5	0,4	8/10 min
Coeficiente de Dilatação Linear	1,5 x 10-4	1,5 x 10-4	$^{\circ}\ K^{-1}$
Condutibilidade Térmica	0,41 - 0,45	0,41-0,45	W/mk
Estabilidade Térmica	15	15	minutos

A série de diâmetros nominais é idêntica à referida para os tubos de PVC-U, incluindo ainda o diâmetro 1200 mm.

Os diâmetros nominais são exteriores e, então, devido à apreciável espessura das paredes para as pressões nominais mais elevadas, os diâmetros úteis poderão tornar-se consideravelmente inferiores aos diâmetros nominais.

Os tubos de polietileno de alta densidade podem ser fabricados em varas de 6 ou de 12 m ou em rolos com comprimentos até 150 m, de acordo com os diâmetros e com as possibilidades de transporte. Como se compreende, só os menores diâmetros poderão, em geral, encontrar-se disponíveis em rolos.

Para os grandes diâmetros, tem sido utilizado o procedimento de deslocar uma instalação de extrusão para o local da obra, onde tem lugar o fabrico do tubo.

2.4.2.6. Tubos de Poliéster Reforçado com Fibra de Vidro (PRFV)

Os tubos de poliéster reforçado com fibra de vidro – PRFV – são fabricados com fios de lã de vidro e resinas de poliéster. Sobre um mandril de aço os fios de lã de vidro, saturados com resina, são enrolados em espiral segundo ângulos predeterminados. Após a reação química de polimerização da resina de poliéster, os tubos são extraídos do mandril e sujeitos a controlo de qualidade.

Dispõem habitualmente de três camadas distintas:

- A interior é muito rica em resina, de modo a conferir à parede interna do tubo o característica adequado de estanqueidade, pequena rugosidade e resistência química.
- A intermédia é constituída predominantemente por fios de lã de vidro enrolados a tensão constante, sendo a sua função primordial conferir ao tubo a adequada resistência estrutural.
- A terceira camada, de proteção exterior, poderá adquirir diferentes características, de acordo com o tipo de montagem a utilizar.

As propriedades físicas e mecânicas mais importantes deste tipo de tubos são as seguintes:

Tabela 2. 11 - Propriedade Físicas e Mecânicas dos Tubos de Poliéster Reforçado com Fibra de Vidro [2]

Propriedade	Valor
Peso volúmico	1 800 kg/cm^3
Resistência à Tração (fabrico manual)	100 MN/m^2
Resistência à Tração (fabrico mecânico)	1 000 MN/m^2
Resistência à Flexão (fabrico manual)	150 MN/m^2
Resistência à Flexão (fabrico mecânico)	1 000 MN/m^2
Resistência à Compressão (fabrico manual)	140 MN/m^2
Resistência à Compressão (fabrico mecânico)	400 MN/m^2
Módulo Elástico (fabrico manual)	6 800 MN/m^2
Módulo Elástico (fabrico mecânico)	25 000 MN/m^2

Além da técnica de fabrico indicada, são utilizadas outras tecnologias que incluem o processo de mandril de avanço contínuo ou o processo de fabrico em molde por centrifugação.

De forma a otimizar as características do material compósito que vai constituir as paredes dos tubos, são presentemente também utilizados outros sistemas construtivos que envolvem:

- A incorporação de areias de quartzo que vão permitir robustecer o laminado e aumentar a rigidez do tubo;
- O uso de dois tipos de reforço de fibras de vidro (fios contínuos e descontínuos) para se obter uma maior resistência tangencial e axial;
- A possibilidade de aplicar diferentes tipos de resinas combinando a utilização de resinas mais económicas na parte exterior e estrutural do laminado com a aplicação de resinas especiais na face interior dos tubos, suscetíveis de melhorar, por exemplo, a resistência química.

A evolução dos processos de fabrico possibilita a realização de tubos de PRFV com espessuras (ou outras características específicas) diversificadas, calculadas para corresponder a uma determinada aplicação particular.

Os tubos de poliéster reforçado com fibra de vidro podem classificar-se, para cada diâmetro nominal, em função da sua rigidez e da sua pressão nominal.

A rigidez traduz a resistência que o tubo apresenta às cargas exteriores e às depressões interiores. As gamas de fabrico corrente abrangem três classes de rigidez inicial (N/m2):

· 2 500 · 5 000 · 10 000

A pressão nominal indica a máxima pressão de serviço, em bar, à qual o tubo pode trabalhar. As classes de pressão nominal correntes para tubos de poliéster reforçado com fibra de vidro são PN: 6, 10, 16, 20, 25 e 32. Em princípio, cada classe de pressão nominal pode combinar-se com cada classe de rigidez, embora nem todas as classes de pressão nominal indicadas estejam disponíveis em todos os diâmetros e graus de rigidez.

A gama de diâmetros correntes de tubos de poliéster compreende os seguintes valores em milímetros:

Tabela 2. 12 - Gama de Diâmetro de Tudo de Poliéster Reforçado com Fibra de Vidro [2]

100	150	200	250	300	350	400	450	500	600	700
800	900	1000	1200	1400	1500	1600	1800	2000	2400	-

podendo ainda fabricar-se diâmetros superiores, até 3 700 mm, sob encomenda.

Os tubos de poliéster fabricados pelo processo misto manual-mecânico encontram-se disponíveis em varas com 4 e 6 m de comprimento. Aos tubos fabricados mecanicamente correspondem habitualmente comprimentos de 6, 9, 12 e 18 m.

2.4.2.7. Tubos de Betão Armado e Pré-Esforçado

Os tubos de betão armado têm, em geral, a sua aplicação limitada a muito baixas pressões, pelo que a referência a apresentar pode limitar-se aos tubos de betão pré-esforçado.

Os tubos de betão pré-esforçado fabricados em Portugal são constituídos por um núcleo de betão, pré-esforçado longitudinalmente, cintado por arame de aço de alta resistência que é enrolado sob tensão. Começa por se estabelecer uma tensão inicial permanente, de compressão, no betão, destinada a compensar as tensões de tração introduzidas pelas solicitações. O pré-esforço é dimensionado de modo a garantir que não se produzam trações no betão para todas as ações a considerar.

A estanqueidade é garantida pela compacidade da parede e o acabamento liso e regular assegura uma reduzida rugosidade.

O reboco de revestimento cria e mantém em torno do aço de pré-esforço um ambiente alcalino, constituindo uma proteção química eficaz para evitar a corrosão. O betão deverá apresentar um baixo fator água-cimento, sendo centrifugado a baixa velocidade e submetido a compactação simultânea.

Em termos de propriedades físicas e mecânicas, poderão referir-se os seguintes valores:

Tabela 2. 13 - Resistência ao betão à Compressão Simples [2]

Na aplicação do pré-esforço longitudinal	35 MN/m^2
Na aplicação do pré-esforço transversal	45 MN/m^2
Aos 28 dias do pré-esforço	50 MN/m^2

Os diâmetros mais comuns dos tubos de betão pré-esforçados são 300, 400, 500, 600, 700, 800, 1 000, 1 250, 1 600 e 1 700 mm.

Atualmente, o comprimento habitual dos tubos de betão pré-esforçado é de 5 m.

2.4.2.8. Grés Vitrificado

As tubagens de grés vitrificado, pelas suas qualidades de fabrico, não necessitam de proteções adicionais. O problema, verificado no passado, de falta de qualidade deste material no mercado nacional fez com que o seu emprego em obras de saneamento fosse caindo em desuso. Em países como a Alemanha, por exemplo, o grés vitrificado é um dos materiais por excelência mais utilizado nas redes de saneamento. É importante referir que desde que o fabrico deste tipo de tubagem obedeça a um processo certificado ou em reconhecimento de qualidade, o produto final consegue ser tanto ou mais adequado, do ponto de vista técnico, que outros materiais para o transporte de águas residuais. O sistema de junta, que era igualmente um ponto fraco, foi significativamente melhorado com a adoção de materiais elastoméricos capazes de garantir níveis de estanquidade idênticos aos garantidos com outros tipos de tubagens. No passado, era usualmente utilizada argamassa de cimento que, atacada pela corrosão e associado ao grande número de juntas, dava origem a elevados caudais de infiltração. Como curiosidade, acrescenta-se que a primeira norma EN que uniformizou os critérios de qualidade mínimos para tubagens com a égide da CEN (Comissão Europeia de Normalização) foi a EN 295 de 1991, intitulada "Tubagens e elementos complementar em grés e respetivo sistema de junta, destinados à realização de redes de saneamento".

O quadro seguinte sintetiza as principais vantagens e inconvenientes dos diversos materiais utilizados nas tubagens de águas residuais.

Tabela 2. 14- Vantagens e Inconvenientes dos diversos materiais utilizados nas tubagens de águas residuais

Tipo de Tubagem	Principais Vantagens	Principais Inconvenientes
Fibrocimento	– Baixo coeficiente de rugosidade (boas características hidráulicas); – Peso reduzido; – Baixa condutividade térmica; – Resistência à corrosão electroquímica; – Flexibilidade das juntas – Preços competitivos.	– Fragilidade ao choque e esforços de flexão; – Sensibilidade a águas e terrenos agressivos; – Não existem acessórios de fibrocimento; – Necessidade de revestimento interior e exterior; – Condicionalismos de instalação decorrentes da presença de amianto no material de composição; – Ataque pelo ácido sulfídrico.
Betão Simples ou Armado	– Experiencia de utilização – Vasta gama de resistências mecânicas; – Preços competitivos.	– Fragilidade ao choque; – Sensibilidade a águas e terrenos agressivos; – Reduzida flexibilidade das juntas e garantia reduzida de estanquicidade hidráulica; – Ataque pelo ácido sulfídrico.

Betão Armado ou pré-esforçado	– Existência de acessórios; – Possibilidade de elevada resistência; – Flexibilidade de adaptação aos traçados; – Facilidade de ligação a tubagens de outros materiais; – Procedimentos de reabilitação bem estabelecidos; – Competitividade económica para grandes diâmetros.	– Pouca flexibilidade de juntas; – Elevado peso; – Vulnerabilidade ao ataque de gás sulfídrico e outros ácidos; – Dificuldade de garantia de estanquicidade.
Grés Vitrificado	– Elevada resistência a ataques químicos e abrasão; – Boa resistência mecânica e flexibilidade das juntas; – Baixo coeficiente de rugosidade e longevidade; – Acessórios disponíveis em grés.	– Elevado peso relativo; – Fragilidade; – Custo pouco competitivo; – Alguns fabricantes não apresentam produtos de qualidade.
Polietileno	– Leveza e resistência, em regra, a produtos químicos; – Flexibilidade; – Boa resistência ao choque e a vibrações.	– Ataque por detergentes, solventes e hidrocarbonetos; – Degradação por radiação solar e calor; – Difícil deteção de fugas.
PVC	– Leveza; – Boa resistência, em regra, a produtos químicos; – Completa gama de acessórios; – Preços competitivos.	– Sensibilidade ao choque e entalhes; – Risco de ovalização; – Sensibilidade à luz (UV) e ao calor.
PRFV	– Boa resistência à corrosão química e electrolítica; – Peso reduzido; – Facilidade de fabrico; – Uniões flexíveis; – Baixo coeficiente de rugosidade.	– Vulnerabilidade a choques; – Vulnerabilidade à corrosão sob tensão; – Exigência de boa compactação das terras envolventes.
Ferro Fundido Dúctil	– Boa resistência mecânica; – Resistência a elevadas pressões internas; – Impermeável aos gases e óleos; – Possibilidade de utilização de juntas travadas (evitando ancoragens); – Disponibilidade de acessórios.	– Peso elevado; – Corrosão por ácido sulfúrico (o que exige proteção) e outros ácidos; – Custos relativamente elevado.

Aço	– Elevada resistência mecânica; – Impermeabilidade a gases e óleos; – Possibilidade de utilização de juntas flexíveis; – Possibilidade de utilização de juntas travadas (evitando ancoragens); – Simplicidade do equipamento de instalação.	– Exigência de proteção, interna e externa, para controlo da corrosão; – Exigência de pessoal qualificado; – Custo elevado.

2.4.3 Válvulas e Ventosas

As ventosas têm as seguintes funções:

i. Permitir a saída de ar (pequenas quantidades) acumulado nos pontos altos;
ii. Permitir a entrada e saída de grandes quantidade de ar durante o enchimento e esvaziamento das condutas;
iii. Permitir a entrada de ar durante a ocorrência de depressões nas condutas.

As ventosas são geralmente colocada em todos os pontos altos e a montante ou jusante de válvulas de seccionamento, em troços ascendentes ou descendentes, respetivamente. Existem vários tipos de ventosas consoante as funções a que se destinam (ventosas simples, de duplo e de triplo efeito).

2.4.4 Condições de Assentamento e Valas tipo

Para a instalação de tubagens enterradas, sempre que a natureza do terreno e os meios de escavação o permitam, as paredes da vala devem ser aproximadamente verticais, por razões de economia, repartindo-se o peso das terras e das cargas móveis, conforme se representa esquematicamente no pormenor 1 da Figura 1. Caso não haja possibilidade de executar a vala com as paredes verticais, recomenda-se uma secção de acordo com o pormenor 2 da Figura 1, tendo em conta que a geratriz superior do tubo deverá ainda estar contida no interior da secção retangular com paredes verticais.

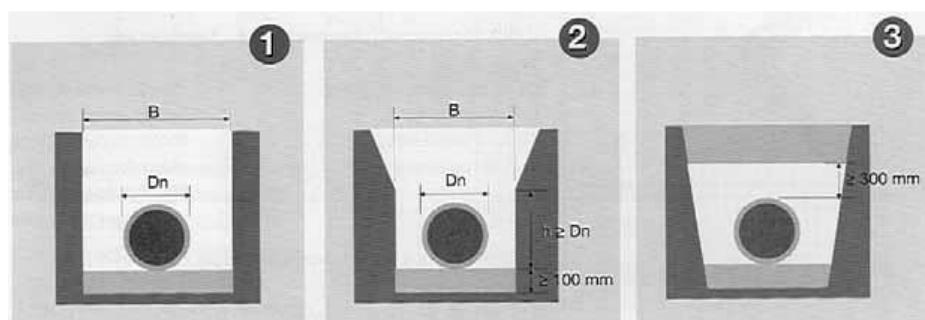



Fig. 1 - Condições de Assentamento

A largura da vala, B, depende dos meios mecânicos utilizados, da profundidade da mesma e do diâmetro da tubagem. A largura recomendada é a constante na EN 1610.

Na Figura 2 apresenta-se uma vala tipo com o vocabulário de simbologia uniformizado.

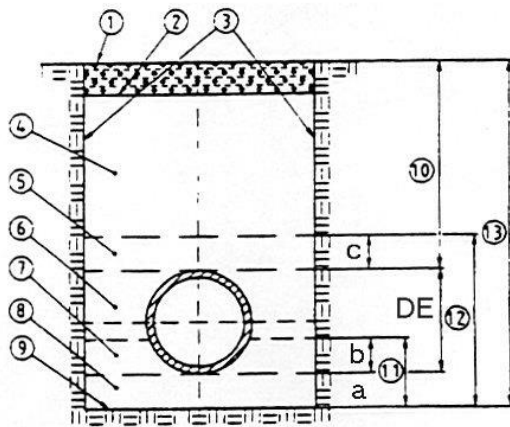



Fig. 2 - Vala tipo

1. Superfície;
2. Fundo da caixa do arruamento, se houver;
3. Parede da vala;
4. Camada de recobrimento;
5. Camada de proteção superior;
6. Camada de proteção lateral;
7. Camada de assentamento superior (suporte);
8. Camada de assentamento inferior;
9. Fundo de escavação;
10. Recobrimento;
11. Leito de assentamento;
12. Camada de assentamento total;
13. Profundidade da vala.

Poderá ser especificada a altura *b*, definida por b = k.DE, em que *k* é um fator que representa a relação entre *DE*, o diâmetro exterior, e o ângulo de assentamento. Nos desenhos das valas tipo, *k.DE* deverá mesmo substituir o ângulo de assentamento, uma vez que, em obra, se simplifica o processo de construção e inspeção se em vez de um ângulo se medir uma altura. O ângulo de assentamento não é o ângulo de reação de apoio utilizado no cálculo estrutural.

Requisitos de instalação de tubagem em vala

Para execução da vala, deverá escavar-se até à linha da soleira acrescida da camada de assentamento inferior, *a*, que deverá ter uma espessura mínima de 100 mm, sempre que o terreno seja uniforme e facilmente escavável, ou de 150 mm, em terrenos rochosos ou muito duros.

Deve limpar-se o fundo da vala de pedras e objetos com arestas, antes de se executar o leito de assentamento, que deverá ser em terra selecionada ou areia com uma compactação não inferior a 95 % do Proctor Normal. O valor de *b* será o especificado no projeto, relacionando-se com o ângulo de assentamento. Por exemplo, para *b* atingir a altura definida para um ângulo de assentamento de 120º, deverá especificar-se k = ¼.

A dimensão máxima recomendada das partículas em solos para aplicação na camada de assentamento é $d \leq 2$ mm.

Depois da tubagem montada e ensaiada, colocam-se camadas de aterro em areia, outro material granular fino ou solos escolhidos entre os produtos de escavação e isentos de torrões, pedras, paus, tábuas, raízes e de outros corpos duros, realizando assim a camada de proteção da tubagem até à cota tal que o valor *c* atinja 30 centímetros acima do extradorso da tubagem. O aterro deve ser executado por camadas horizontais com 20 a 30 centímetros de espessura, que devem ser sucessivamente regadas e batidas até se atingir 95 % do ensaio Proctor Normal. É imprescindível que este valor seja atingido para o caso de tubagens plásticas. No caso de tubagens rígidas, esta compactação poderá ficar pelos 90 % do ensaio Proctor Normal.

A dimensão máxima recomendada das partículas em solos para aplicação na camada de proteção é de 20 mm. A consolidação das diversas camadas de aterro para a proteção (até 30 cm acima da geratriz), deve fazer-se por meio de maços manuais, convindo que sejam em forma de cunha, quando destinados ao aperto lateral de terras nas proximidades da conduta, e em especial na sua semi-secção inferior. Nesta

camada de proteção, não se deverá utilizar equipamento mecânico na compactação. Quando não for suficiente a humidade própria do terreno, nem a água existente no subsolo, regar-se á cada uma das camadas de aterro na medida que, pela prática, se reconheça ser a mais conveniente para obter a melhor compactação. Esta prática só é permissível em solos não coesivos. O número de pancadas dos maços será, em cada caso, o recomendado pela experiência como necessário para obtenção de uma densidade relativa nunca inferior aos 95 % do ensaio Proctor Normal. Em caso de dúvida por parte do Empreiteiro, a Fiscalização poderá fixar e alterar, para cada zona de aterro, em função da natureza dos solos e do grau de consolidação a atingir, o peso do aparelho de compressão e o número, a ordem e o sentido das passagens necessárias.

Acima da proteção, a camada de recobrimento deverá fazer-se com produtos da escavação da própria vala, desde que sejam isentos dos detritos orgânicos e corpos de maiores dimensões, que sejam prejudiciais à sua estabilidade e boa consolidação, especialmente se tal aterro vier a constituir base de pavimento rodoviário ou mesmo de bermas e passeios. A dimensão máxima recomendada das partículas em solos para aplicação na camada de recobrimento é de 200 mm.

Nas camadas superiores, onde a compactação puder fazer-se por meios mecânicos, com pratos ou cilindros vibradores de dimensões apropriadas, serão permitidas espessuras até 40 ou 50 centímetros, antes de batidas. Os aterros de valas que venham a ficar sujeitos à passagem de tráfego rodoviário deverão receber uma camada de desgaste provisório, com 10 a 15 centímetros de espessura, em saibro ou em solos estabilizados mecanicamente, e ser submetidos ao trânsito antes de pavimentados definitivamente, a fim de reduzir ao mínimo a eventualidade de futuras cedências, ressaltos ou ondulações, nos revestimentos definitivos das faixas de rodagem. Deve evitar-se o enchimento de valas com materiais gelados.

Em caso de risco de inundação da vala deve proceder-se, durante o processo de montagem, à fixação da tubagem ao leito da mesma mediante pontos de aterro distribuídos, para evitar a flutuação das tubagens e manter o seu traçado. Nestas situações, o uso de geotêxtis pode ser aconselhado.

A profundidade mínima da vala é função do diâmetro e das condições particulares da obra. Em princípio, o recobrimento mínimo deve ser de 1 metro. Contudo, deverá ser verificado se para as condições de instalação previstas, existe necessidade de proteções adicionais, especialmente no caso de existirem cargas rolantes, e sempre que não se incluam precauções no projeto (designadamente proteção em betão e lajetas), devem-se ter em conta as especificações constantes na norma EN 1295. O estudo das proteções à tubagem será efetuado em projeto, consoante o material preconizado.

A largura das valas para assentamento das tubagens deverá apresentar, no mínimo, D_{ext} + 0,5 m, para coletores com D_{ext} <500 mm, e de D_{ext} + 0,7 m, para coletores de diâmetro superior. A esta largura deve adicionar-se 0,20 m (para valas entre 3,0 e 4,0 m) e 0,30 m (para valas entre 4,0 e 5,0 m). Atendendo a que a um acréscimo da largura da vala, na zona de instalação do coletor corresponde uma redução da capacidade resistente, torna-se importante que as sobrelarguras só tenham lugar acima da camada de proteção da tubagem.

No caso de elevados níveis freáticos e solos coesivos, tipo argilas e siltes, pode ser equacionada a aplicação de geotêxtis. No caso de ligação de tubagens a câmaras de visita deverá garantir-se perfeita estanquidade, nomeadamente quando se prevejam elevados níveis freáticos. Nessas situações, devem ser especificados dispositivos especiais, tipo passa-muros. Tratando-se de coletores com escoamento em superfície livre, as forças dinâmicas e estáticas do escoamento são reduzidas, não se tornando necessário, em regra, a construção de maciços de amarração, o que não acontece no caso de condutas sob pressão, em particular condutas elevatórias.

Em Portugal, e na atual condição do mercado, é corrente, para as condições usuais de instalação em vala (redes ou emissários), a adoção de tubagens de PVC corrugado para escoamento com superfície livre, pelo menos para diâmetros até 500 mm e no caso de níveis freáticos não elevados. No caso de condutas sob pressão pode ser utilizado, em regra, o PVC maciço para pequenos diâmetros, com resistência adequada às várias pressões previstas.

As razões principais destas escolhas decorrem dos baixos custos deste tipo de tubagens, resistência mecânica razoável, resistência à corrosão por ácido sulfídrico/sulfúrico e facilidade de instalação. Em casos especiais, designadamente elevados níveis freáticos ou no caso de instalações no interior de edifícios (fora de vala), travessias e outras obras particulares, frequentemente considerada a utilização de ferro fundido, eventualmente revestido interior e exteriormente. Em emissários principais e de diâmetros elevados ($D \geq 500$ mm) é frequentemente equacionada a instalação de tubagens de PEAD e betão armado ou pré-esforçado (estes últimos casos, para a situação invulgar de grandes diâmetros dos coletores).

2.4.5 Câmaras de Visita

As câmaras de visita são dispositivos acessórios das redes de drenagem de águas residuais e tem como finalidade facilitar o acesso aos coletores para efeitos de manutenção, de inspeção e de eventual reabilitação, em adequadas condições de segurança e de eficiência. As câmaras de visita são, na situação mais frequente de coletores de redes de drenagem de diâmetro até 600 mm, constituídas por elementos de betão pré-fabricado.

Embora de utilização menos vulgar existem também câmaras de visita de betão armado executadas *in situ*, de fibrocimento, de grés vidrado e de material plástico (PVC, PEAD e PRV). As câmaras de visita de betão, de fibrocimento e de grés vidrado estão cobertas por normas ou projetos de normas europeias.

As câmaras de visita circulares são compostas por anéis e cone excêntrico pré-fabricados, obedecendo, respetivamente, às normas NP 881 e NP 882. Estas câmaras de visita apresentam, em regra, corpo em anéis de betão pré-fabricados de diâmetro 1,00 m para alturas até 2,50 m e de 1,25 m de diâmetro para alturas superiores.

Em alternativa à construção de câmaras *in situ*, poder-se-á equacionar a execução de câmaras no mesmo material das tubagens, como sejam as câmaras em PEAD e PRV.

As câmaras de visita podem ser de planta retangular com cobertura plana ou de planta circular com cobertura plana ou tronco-cónica assimétrica. A adoção de outras formas geométricas poderá aceitar-se em casos excecionais devidamente justificados. As câmaras de visita podem ainda ser centradas ou descentradas relativamente ao alinhamento do coletor. Este último tipo deverá ser especialmente utilizado em situações de maior risco potencial, para o pessoal de manutenção e inspeção

Dimensões mínimas

As dimensões mínimas das câmaras de visita e de inspeção estão definidas na NP EN 476, consoantes sejam para acesso de pessoas ou não. Deste modo, as câmaras de visita devem ter as seguintes dimensões mínimas:

- No caso de planta circular, o diâmetro nominal interno (DN/DI) deve ser igual ou superior a 1000 mm;
- No caso de planta retangular, as dimensões nominais internas devem ser de 750 × 1200 mm ou superior;

- No caso de planta elíptica, as dimensões nominais internas devem ser de 900 × 1100 mm ou superior.

A relação entre a largura e a profundidade das câmaras de visita deve ter sempre em consideração a operacionalidade e a segurança do pessoal da exploração.

Constituição e materiais utilizados

As câmaras de visita são constituídas por soleira, corpo, cobertura, dispositivo de fecho e dispositivos de acesso.

Soleira

A soleira de uma câmara de visita é, em geral, constituída por uma laje de betão, simples ou armado, conforme as condições locais o aconselhem, funcionando como fundação do corpo. A sua espessura deve ser, na zona mais profunda das caleiras, não inferior a 100 mm.

As mudanças de direção, diâmetro e inclinação de coletores devem fazer-se por meio de caleiras semicirculares construídas na soleira das câmaras de visita, com altura igual a dois terços do maior diâmetro, por forma a garantir a continuidade do escoamento em condições adequadas.

No caso de coletores separativos pluviais ou coletores unitários, de diâmetros superiores a 200 mm e queda superior a 1 m na câmara de visita, a soleira deve ser localmente protegida, por exemplo, com cantaria. Quando na câmara de visita existir um desnível ou queda entre o coletor de montante e o de jusante, e caso este desnível seja superior a 0,50 m, deve utilizar-se um troço de queda guiada, construído exteriormente à câmara de visita propriamente dita.

Para quedas inferiores a 0,50 m, o desnível deve ser vencido recorrendo a queda suave em betão.

Corpo

O corpo das câmaras de visita é, nas situações mais correntes, construído com anéis prefabricados de betão. O corpo pode também ser feito de betão simples ou armado, moldado no local, de alvenaria hidráulica de pedra, de tijolo ou de blocos maciços de cimento. Neste caso, a parte compreendida entre a soleira e a geratriz superior do coletor, situada a cota mais elevada, deve ser de betão moldado no local ou de alvenaria hidráulica, com eventual intercalação de anéis pré-fabricados.

No que respeita à espessura das paredes do corpo os valores mínimos a adotar devem ser os seguintes: alvenaria de pedra: 200 mm; betão moldado no local: 120 mm; alvenaria de tijolo: ½ vez; elementos de betão pré-fabricado: 100 mm.

No caso da profundidade das câmaras de visita exceder 5 m, devem ser construídos, por razões de segurança, patamares em gradil espaçados no máximo de 5 m, com aberturas de passagem desencontradas.

2.4.6 Câmaras de Corrente de Varrer

As câmaras de corrente de varrer, cuja instalação e uso deve ser o mais evitada possível, são dispositivos cuja finalidade é permitir a limpeza dos coletores, quando não é possível assegurar condições de autolimpeza.

Esta ocorrência deverá estar confinada, tanto quanto possível, a alguns trechos de cabeceira ou trechos de montante de redes unitárias ou de redes separativas domésticas, onde as condições de autolimpeza poderão ser, na prática, difíceis de garantir.

Quanto ao funcionamento há essencialmente dois tipos de câmaras de corrente de varrer: as manuais e as automáticas. As manuais correspondem a uma câmara de visita normal, dotada de comporta ou comportas manobradas manualmente, o que permite isolar a câmara de visita do coletor a que ela está ligada e proceder ao enchimento daquela. As automáticas distinguem-se das manuais por disporem de um sifão no fundo, o que permite proceder à descarga automática da água acumulada na câmara com uma determinada frequência, a partir de uma alimentação contínua e regulável de água.

Por razões sanitárias associadas essencialmente a problemas de saúde pública resultantes de riscos de contaminação é recomendável, no caso da necessidade de utilização de câmaras de corrente de varrer, que elas sejam manuais e não automáticas.

O recurso a câmaras de corrente de varrer deve estar confinado a situações pontuais, de troços de cabeceira de coletores principais ou secundários onde por condicionalismos diversos, topográficos, de diâmetro mínimo, de ocupação urbana dispersa, ou por razões de economia da obra, não seja possível garantir, pelo menos uma vez por dia, condições de autolimpeza.

A tendência deverá ser claramente no sentido de eliminar estes dispositivos recorrendo, em alternativa, à lavagem direta por agulheta com frequência adequada.

2.4.7 Critérios de implantação de câmaras de visita

No que se refere à localização das câmaras de visita, e de acordo com a legislação nacional, é obrigatória a sua implantação nas seguintes situações:

- No início dos trechos de cabeceira;
- Na confluência de coletores;
- Nas secções de mudança de direção, de alteração de inclinação e de alteração de diâmetro dos coletores;
- Nos alinhamentos retos, com afastamento máximo de 60 m, caso o coletor não seja visitável ou com afastamento máximo de 100 m, no caso de coletores visitáveis.

Os afastamentos máximos referidos anteriormente podem ser aumentados em função dos meios de limpeza, no caso de coletores não visitáveis, e em situações excecionais devidamente justificadas, no segundo caso.

Para além dos critérios anteriormente referidos, salientam-se ainda os seguintes critérios de posicionamento de câmaras de visita, em perfil longitudinal, destinados a assegurar a continuidade do escoamento, sem regolfos para montante:

- A inserção de um ou mais coletores noutro deve ser feita no sentido do escoamento, de forma a assegurar a tangência da veia líquida secundária à veia líquida principal;
- No caso de alterações de diâmetro, deve ser garantida concordância da geratriz superior interior dos coletores.

2.4.8 Ramais de Ligação

O objetivo dos ramais de ligação é a ligação das redes prediais às redes gerais de drenagem

Os ramais de águas residuais apresentam, em geral, diâmetros compreendidos entre 100 e 150 mm, devendo ser implantados com inclinações da ordem dos 2%. Normalmente, o mau funcionamento dos

ramais domiciliários de ligação resulta da penetração de raízes no seu interior ou do arrastamento de gorduras.

O material e o tipo de juntas a adotar devem ser, sempre que possível, análogos aos do coletor da rede geral, procedendo-se de forma a minimizar a possibilidade da penetração de raízes. No caso de coletores de sistemas de drenagem de água residual comunitária, importa minimizar os caudais de infiltração de águas subterrâneas. De facto, deve ser dada particular atenção à execução de ramais de ligação aos coletores da rede geral, nomeadamente ao coxim do ramal, à compactação do material envolvente e às técnicas de ligação, já que os ramais executados de forma deficiente são responsáveis por uma parte significativa do caudal de infiltração. Na Figura 3 apresenta-se, esquematicamente, a ligação de um ramal a coletor profundo.

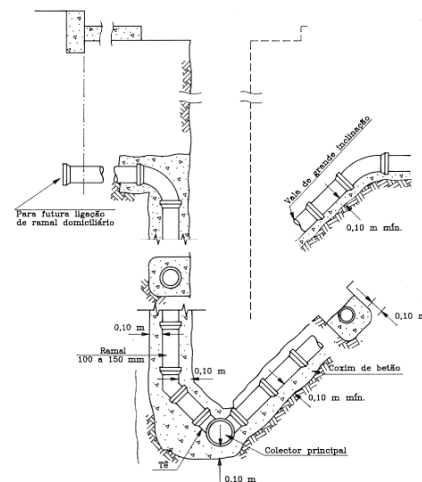



Fig. 3 - Representação esquemática de ligação de ramais de ligação a coletores profundos [2]

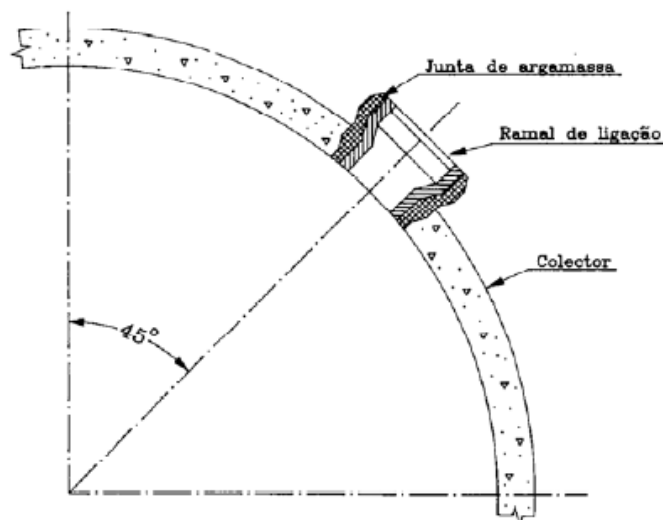



Fig. 4 - Representação esquemática de ligações a coletores de média e grande dimensão [2]

Constitui prática adequada na execução de redes de drenagem de água residual, a colocação de tês e/ou forquilhas, não apenas para as ligações à rede no início de exploração da obra, mas também nas secções onde se preveja a ligação de futuros ramais domiciliários. No entanto, neste último, os tês e as forquilhas

devem ser convenientemente tamponados, até que entrem em serviço. A Figura 4 diz respeito a ramais de ligação-tipo a coletores pouco enterrados.

Se as forquilhas e os tês não forem instalados durante a execução do coletor geral da rede de drenagem, então será necessário, "à posteriori", furar o coletor e proceder à inserção do ramal de ligação domiciliário. Este tipo de procedimento conduz, com frequência, a soluções construtivas de menor qualidade, principalmente quando resultam de técnicas que obrigam a partir o coletor da rede geral; nestes casos, muito dificilmente se evita que o ramal de ligação entre no coletor, passando a constituir um obstáculo e uma perda de carga adicional ao escoamento.

A melhor solução, nestes casos, se o coletor for de pequeno diâmetro, é a substituição do troço do coletor da rede geral por um outro em que já esteja inserido um tê ou uma forquilha. Se se tratar de um coletor de diâmetro apreciável pode ser adotada.

2.5 Aspetos na conceção dos sistemas. Traçado em planta e perfil longitudinal de coletores

2.5.1 Aspetos Gerais

De acordo com o Artigo 119º do Decreto Regulamentar nº 23/95, na conceção de sistemas de drenagem pública de águas residuais em novas áreas de urbanização deve, em princípio, ser adotado o sistema separativo. Em sistemas novos, é obrigatória a conceção conjunta do sistema de drenagem de águas residuais domésticas e industriais e do sistema de drenagem de águas pluviais, independentemente de eventuais faseamentos diferidos de execução das obras.

No caso de aglomerados urbanos que incluam coletores unitários antigos, a remodelação para redes separativas pode ser técnica ou economicamente difícil ou inviável. Nestes casos, a interligação das redes unitárias com redes ou emissários “separativos”, a jusante, é efetuada através de descarregadores em regra dispondo de tubos curtos de ligação ou válvulas de vortex, para controlo de caudal.

No caso do estabelecimento de redes de drenagem de aglomerados, as soluções de traçado são em grande parte condicionadas pelas condições topográficas locais e pelas necessidades de atendimento e garantia de serviço de percurso aos diversos locais. A vantagem de se dispor de um destino final comum para os efluentes do aglomerado, e de um único emissário final conduz, muitas vezes, a necessidade de se recorrer a sistemas elevatórios.

No caso de sistemas regionais de saneamento que servem diversas povoações ou aglomerados, as redes locais descarregam muitas vezes em emissários que por sua vez lançam os efluentes em intercetores finais que transportam a massa líquida para o local de tratamento. O traçado dos emissários e intercetores é condicionado pelo local selecionado para o destino final das águas residuais, tendo em conta princípios gerais como garantia de distância aos núcleos urbanos, afastamento do local de rejeição de zonas balneares e de utilização recreativa e escolha de meios recetores com condições favoráveis de diluição e dispersão dos efluentes.

Enquanto as redes de coletores se desenvolvem, em regra, ao longo dos arruamentos dos aglomerados, é comum os emissários gravíticos serem implantados ao longo de linhas de vale, relativamente próximo de linhas de água.

De acordo com o ponto 2 do Artigo 114º do Decreto-Regulamentar nº 23/95, em pequenos aglomerados populacionais, onde as soluções convencionais de engenharia se tornem economicamente inviáveis,

pode adotar-se, em alternativa, sistemas simplificados de drenagem pública, tais como fossas sépticas seguidas de sistemas de infiltração ou redes de pequeno diâmetro com tanques intercetores de lamas.

Por sua vez, as principais etapas ou fases que se colocam no desenvolvimento de um projeto de uma rede de drenagem de águas residuais após a definição do traçado em planta, são as seguintes:

1. Determinação, com o maior rigor possível, dos caudais de águas residuais nos diversos trechos da rede;
2. Dimensionamento hidráulico-sanitário dos coletores, em termos de diâmetro e declive, e de todos os outros componentes do sistema, para que se escoem os caudais de projeto, nas condições regulamentares;
3. Apresentação de peças escritas e desenhadas que permitam a execução das obras e que possibilitem a sua posterior exploração adequada.

No caso de se disporem de várias soluções alternativas, devem conduzir-se os estudos por forma a possibilitar a respetiva comparação, em termos técnicos, económicos e ambientais.

2.5.2 Traçado em Planta

O traçado em planta de coletores em arruamentos urbanos deve fazer-se, em regra, no eixo da via pública. Em vias de circulação largas e em novas urbanizações com arruamentos de grande largura e amplos espaços livres e passeios, os coletores podem ser implantados fora das faixas de rodagem mas respeitando a distância mínima de 1 m em relação aos limites das propriedades. Sempre que se revele mais económico, pode implantar-se um sistema duplo, com um coletor de cada lado da via pública. Em casos de impossibilidade de evitar a construção de edificações sobre coletores, a construção deve ser executada por forma a garantir o bom funcionamento dos coletores e a torná-los estanques e acessíveis em toda a extensão do atravessamento. Para o desenvolvimento do projeto de uma rede de drenagem de águas residuais, devem ter-se em atenção, em particular, os seguintes aspetos principais:

1. Dispor de cartografia adequada: levantamento topográfico pelo menos à escala 1/2000 da zona já urbanizada e de eventual zona de futura expansão, onde figure toda a informação adequada (designadamente linhas de água e cadastro de infraestruturas);
2. O traçado dos coletores é feito em função da topografia da zona (o escoamento deve ser gravítico), tendo em atenção a natureza do terreno e a interferência com outros serviços existentes (nomeadamente de água, luz e telefones);
3. Depois do primeiro traçado em gabinete, devem efetuar-se deslocações ao local, para recolher informações mais detalhadas referentes à opção de traçado a tomar, designadamente,
    a. Melhor localização dos ramais de ligação (em termos de fachada versus retaguarda);
    b. Natureza do terreno (por exemplo areia, terra ou rocha branda ou rocha dura);
    c. Tipo de acabamento dos pavimentos;
    d. Modo de atravessamento de linhas de água;
    e. Traçado do emissário ou emissários;
    f. Níveis freáticos (que podem originar problemas para a execução da obra e condicionar o cálculo dos caudais de infiltração);
    g. Se estiverem previstos sistemas elevatórios, deve analisar-se se existe energia elétrica e estudar a localização do coletor de recurso;
    h. Mesmo que o projeto não inclua o estudo da estação de tratamento, deve analisar-se a sua possível localização.

2.5.3 TRAÇADO EM PERFIL LONGITUDINAL

A profundidade de assentamento dos coletores não deve ser inferior a 1 m, medida entre o seu extradorso e o pavimento da via pública, podendo este valor ser aumentado em função de exigências do trânsito, da inserção dos ramais de ligação ou da instalação de outras infraestruturas. Em condições excecionais, pode aceitar-se uma profundidade inferior à mínima desde que os coletores sejam convenientemente protegidos para resistir a sobrecargas.

Do ponto de vista técnico-económico, assumem também relevo os seguintes aspetos a observar no traçado em perfil longitudinal de coletores:

1. Sempre que possível devem ser adotados declives iguais aos do terreno;
2. Devem ser respeitados, sempre que possível, declives mínimos e máximos, respetivamente de 0,003 m/m e 0,15 m/m;
3. O alinhamento dos coletores em perfil longitudinal deve ser efetuado em troços de geratrizes interiores superiores, caso não se verifiquem quedas;
4. Em redes separativas domésticas deve verificar-se progressão crescente dos diâmetros de montante para jusante da rede. Nas redes unitárias e separativas pluviais, pode aceitar-se a redução da secção para jusante, desde que não seja reduzida a capacidade hidráulica de transporte;
5. O diâmetro mínimo regulamentar dos coletores é de 200 mm.

2.6 CRITÉRIOS DE PROJETO E VERIFICAÇÃO HIDRÁULICO-SANITÁRIA

2.6.1 ASPETOS INTRODUTÓRIOS

Em sistemas de drenagem de águas residuais domésticas e industriais, os caudais de cálculo ou de projeto correspondem, geralmente, aos caudais de início de exploração e de ano de horizonte de projeto da obra. Os valores dos caudais de cálculo são obtidos multiplicando os caudais médios anuais pelo fator de ponta instantâneo, a que se adiciona o caudal de infiltração.

2.6.2 CRITÉRIOS DE PROJETO E DIMENSIONAMENTO HIDRÁULICO-SANITÁRIO

Para o dimensionamento hidráulico-sanitário de sistemas separativos domésticos ou industriais devem ser adotados, de acordo com a legislação (Decreto-Regulamentar nº23/95), os seguintes princípios:

a. A velocidade máxima de escoamento para o caudal de ponta no horizonte de projeto não deve exceder 3 m/s;
b. A velocidade de escoamento para o caudal de ponta no início de exploração não deve ser inferior a 0,6 m/s;
c. Sendo inviável o limite referido na alínea b), como sucede nos coletores de cabeceira, devem estabelecer-se declives que assegurem estes valores limites para o caudal de secção cheia;
d. Nos coletores domésticos, a altura da lâmina líquida não deve exceder 0,5 da altura total para diâmetros iguais ou inferiores a 500 mm e 0,75 para diâmetros superiores a este valor;
e. A inclinação dos coletores não deve ser, em geral, inferior a 0,3% nem superior a15%;
f. Admitem-se inclinações de coletores inferiores a 0,3%, desde que seja garantidoo rigor do nivelamento, a estabilidade do assentamento e a tensão de arrastamento;
g. Quando houver necessidade de intercalar coletores com inclinações superiores a 15%, devem prever-se dispositivos especiais de ancoragem.

2.6.3 VERIFICAÇÃO HIDRÁULICO-SANITÁRIA

A verificação dos critérios hidráulicos e sanitários do escoamento, em termos de alturas e velocidades, pode ser efetuada, em regra, recorrendo a métodos analíticos ou a métodos gráficos, admitindo o escoamento em regime permanente e uniforme. No caso de coletores de dimensão significativa, ou no caso de coletores pluviais ou unitários em que o regime é manifestamente variável, pode ser aconselhável a análise hidráulica do sistema recorrendo a modelos de cálculo mais complexos (que consideram o regime permanente não uniforme ou o regime variável).

Para uma secção circular de diâmetro D, verificam-se as seguintes expressões (ver Figura 5):

$$A = (\theta - \sin\theta)\, {D^2}/{8}$$

$$P = D\, {\theta}/{2}$$

$$H = {D}/{2}\, (1 - \cos{\theta}/{2})$$

sendo θ, expresso em radianos, o ângulo ao centro que caracteriza geometricamente o escoamento, A a secção de escoamento e P o perímetro molhado.

A condição do escoamento em regime uniforme pode ser obtida, por processos interativos, a partir da seguinte expressão;

$$\theta_{nti} = \sin\theta_n + 6{,}063({Q}/{k\sqrt{i}})^{0,6} D^{-1,6} \theta_n^{0,4}$$

Este tipo de resolução deve limitar-se ao domínio de θ em que existe uma única solução, ou seja, para θ < 4,53 rad ou h/D < 0,82.

Deve então comparar-se os valores de altura relativa do escoamento, h/D, e a velocidade correspondente ao caudal de ponta, para o ano de início de exploração e para o ano de horizonte de projeto.

No caso do método gráfico, deve calcular-se o caudal a secção cheia (Q_f) e a velocidade a secção cheia (V_f) e, com base na relação entre o caudal de projeto e o caudal de secção cheia (Q/Q_f), determinar, recorrendo à Figura 6, as relações h/D ou y/D e V/V_f.

Uma vez determinados estes valores, torna-se possível verificar, por comparação com os limites regulamentares, o cumprimento ou não das condições de altura de escoamento e das condições de autolimpeza e de velocidade máxima.

(1) Diâmetro: D

(2) Ângulo ao centro: $\theta = 2 \arccos(1-2y/D)$

(3) Altura de escoamento: $y = (1/2)(1-\cos\theta/2)\ D$

(4) Área: $S = (1/8)(\theta - \text{sen}\,\theta)\ D^2$

(5) Perímetro molhado: $P = 1/2\ \theta\ D$

(6) Raio hidráulico: $R = (1/4)(\frac{\theta - \text{sen}\theta}{\theta})\ D$

$0 <= \theta <= 2\pi$

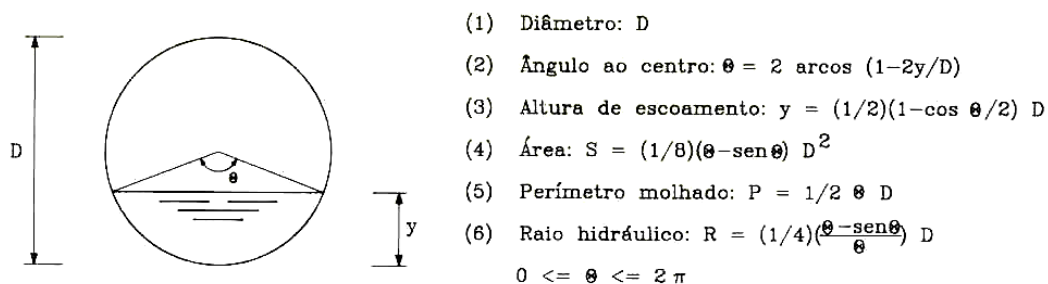



Fig. 5 - Altura de Escoamento

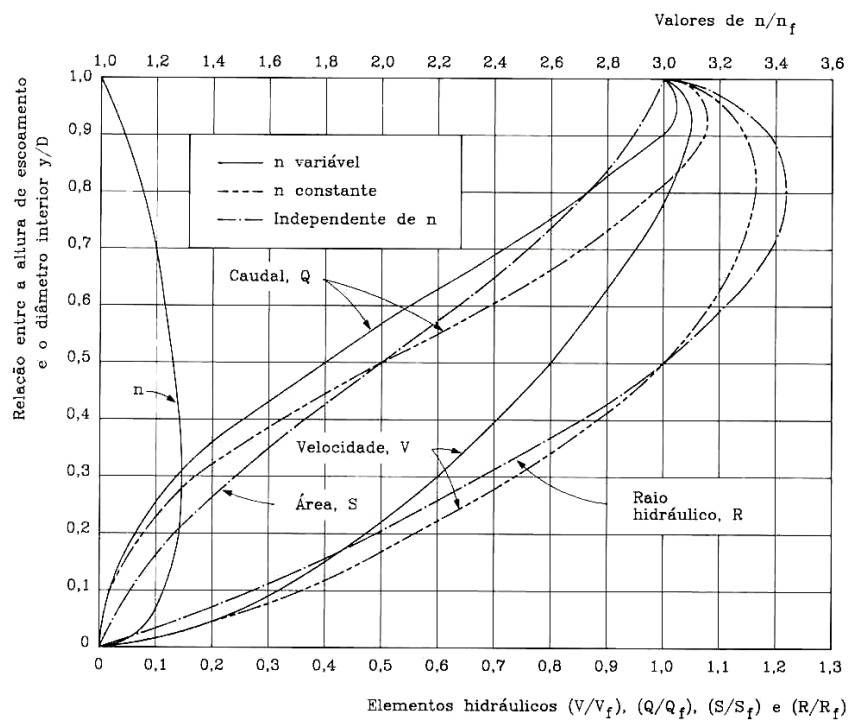



Fig. 6 - Cumprimento das Condições de Altura de Escoamento, Condições de Autolimpeza e de Velocidade Máxima

3
ESTRATÉGIA DE REABILITAÇÃO DE SISTEMAS DE DRENAGEM DE ÁGUAS RESIDUAIS

3.1 ASPETOS GERAIS

A reabilitação de sistemas de drenagem de água tem vindo a ganhar importância em Portugal tendo como consequência a melhoria do desempenho, do cumprimento da legislação ambiental e da rentabilização dos elevados investimentos efetuados ou a serem realizados.

Torna-se necessário dispor de toda a informação detalhada sobre o sistema e o respetivo comportamento hidráulico, estrutural e ambiental de maneira a se conseguir planear e dar prioridade às intervenções necessárias.

Constituem procedimentos de operação de sistemas de drenagem, entre outros, as ações de inspeção e de limpeza para a desobstrução dos coletores. Os procedimentos de operação destinam-se a assegurar as condições de higiene, e também o adequado desempenho hidráulico e ambiental das infraestruturas, especialmente porque estas operações resultam na redução dos riscos de inundação e de descarga de excedentes para os meios recetores. Os procedimentos de manutenção de sistemas de drenagem dizem respeito, maioritariamente, a pequenas intervenções de reparação e/ou de substituição de componentes de sistemas, como por exemplo, tampas de câmaras de visita ou mesmo da substituição de curtos trechos de coletores.

3.2 CONCEITOS ASSOCIADOS À REABILITAÇÃO

A reabilitação é definida, segundo a norma europeia EN 752-5 (1995), como o conjunto de todas as medidas de intervenção física num sistema de drenagem existente, conducentes a uma melhoria do seu desempenho. Um sistema de drenagem requer reabilitação quando, em parte, ou no todo, o seu estado não lhe permite cumprir os principais objetivos ao qual este se destina. Quando se considera um sistema este deve prestar um serviço aos seus utentes e os aspetos chave deste serviço são a elevada eficiência e a eficácia. A eficiência manifestar-se-á na afetação tanto quanto possível otimizada de recursos humanos, técnicos, financeiros e ambientais. Enquanto a eficácia traduz-se no cumprimento de níveis de desempenho e qualidade aceitáveis.

Na avaliação do desempenho para efeitos de reabilitação os aspetos mais relevantes a considerar são, para além da evidente avaliação das características do adequado comportamento hidráulico, a

preservação da proteção da saúde pública, a prevenção de inundações, a integridade estrutural, as condições de segurança pessoal e a qualidade ambiental dos meios recetores.

No processo de reabilitação, a primeira etapa é caracterizada pela recolha de informação para a perceção das deficiências existentes ou de ocorrência previsível, a curto ou médio prazo. No estudo de um sistema de drenagem de água é indispensável ter informação atualizada sobre as infraestruturas existentes incluindo o seu estado funcional e de conservação. Portanto, é necessário complementar os elementos de cadastro, muitas vezes insuficientes e desatualizados, com inspeções de campo. É necessário ainda incluir informações e elementos históricos realizados através de consultas pessoais e/ou registo de arquivo, sobretudo, fotográficos, para obter uma pré-identificação e, se possível, uma pré-avaliação das áreas-problema ou áreas críticas. A informação recolhida é então avaliada, arquivada numa base de dados ou sistema de informação e gerida cautelosamente [4].

Assim, com a informação disponível pelo diagnóstico é possível identificar eventuais soluções alternativas. Estas soluções alternativas equacionadas deverão ser analisadas e comparadas sob os pontos de vista económico, financeiro, ambiental, técnico (diferentes processos construtivos e resultados) e social (impactos em termos de incómodos e eventuais riscos). Depois de ponderar qual a melhor decisão é preciso planear e realizar as ações correspondentes, garantindo o cumprimento dos objetivos dentro do orçamento e prazos previstos no caderno de encargos.

3.3 A Reabilitação como uma abordagem integrada

3.3.1 Considerações introdutórias

Em termos gerais, um processo de reabilitação de um sistema de drenagem inclui uma sequência articulada e lógica de pesquisa, procedimentos, ações e processos de decisão, que se podem sistematizar nas seguintes fases [5]:

- 1ª Fase – Planeamento Inicial – inclui a recolha programada e sistemática de dados e de inspeções de campo complementares para a perceção de deficiências;
- 2ª Fase – Estudos de diagnósticos – inclui a análise e a avaliação de condições de funcionamento com recurso nomeadamente à visualização e à inspeção locais, à modelação matemática, à monitorização dos sistemas e à avaliação do desempenho, em termos hidráulicos, ambientais e estruturais;
- 3ª Fase – Estratégia e planeamento das intervenções de reabilitação – inclui a seleção das opções mais adequadas e a realização de um plano das intervenções no terreno;
- 4ª Fase – Execução e monitorização ex-post das intervenções – inclui a concretização das soluções preconizadas de reabilitação, a avaliação da sua performance ex-post e eventuais ajustes nas soluções finais ("ex-post" é uma expressão em latim que significa "após o facto, isto quer dizer, depois das soluções de reabilitação definidas com as três primeiras fases é necessário, por vezes, ajustar a solução ao problema inicial).

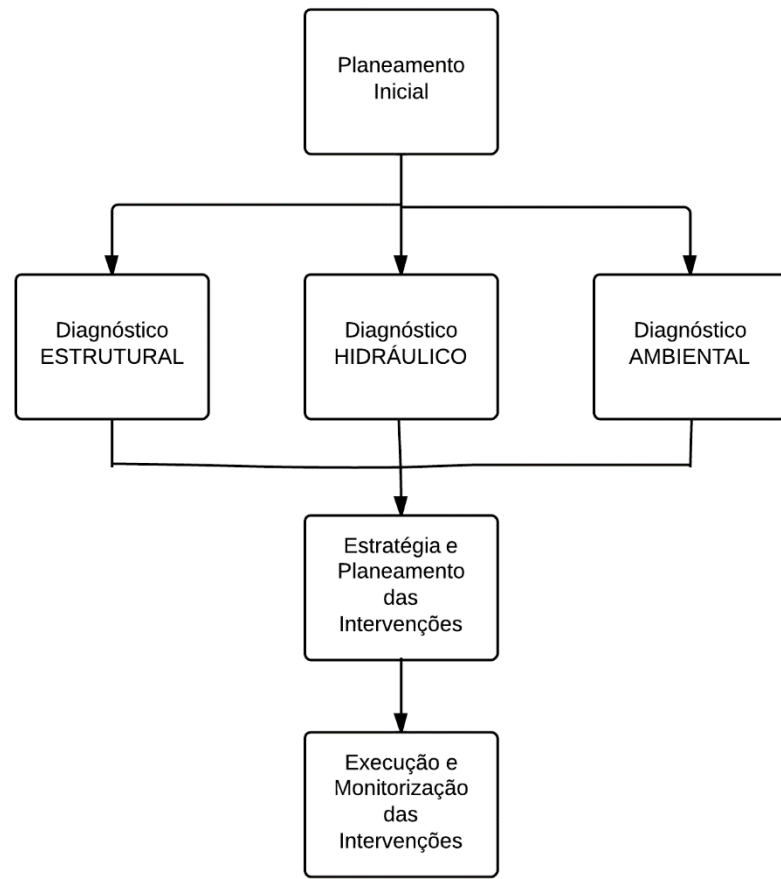



Fig. 7 - Conjunto de Procedimentos da Fase Inicial [5]

A cada uma das quatro fases referidas corresponde um conjunto de procedimentos e ações, cujo encadeamento se apresenta na figura 7 e detalha na figura 8.

Neste capítulo coloca-se principal ênfase nos instrumentos relativos ao planeamento inicial e aos estudos de diagnóstico, não deixando de descrever sumariamente as atividades que constituem as restantes fases – estratégia e planeamento das intervenções, execução e monitorização das intervenções.

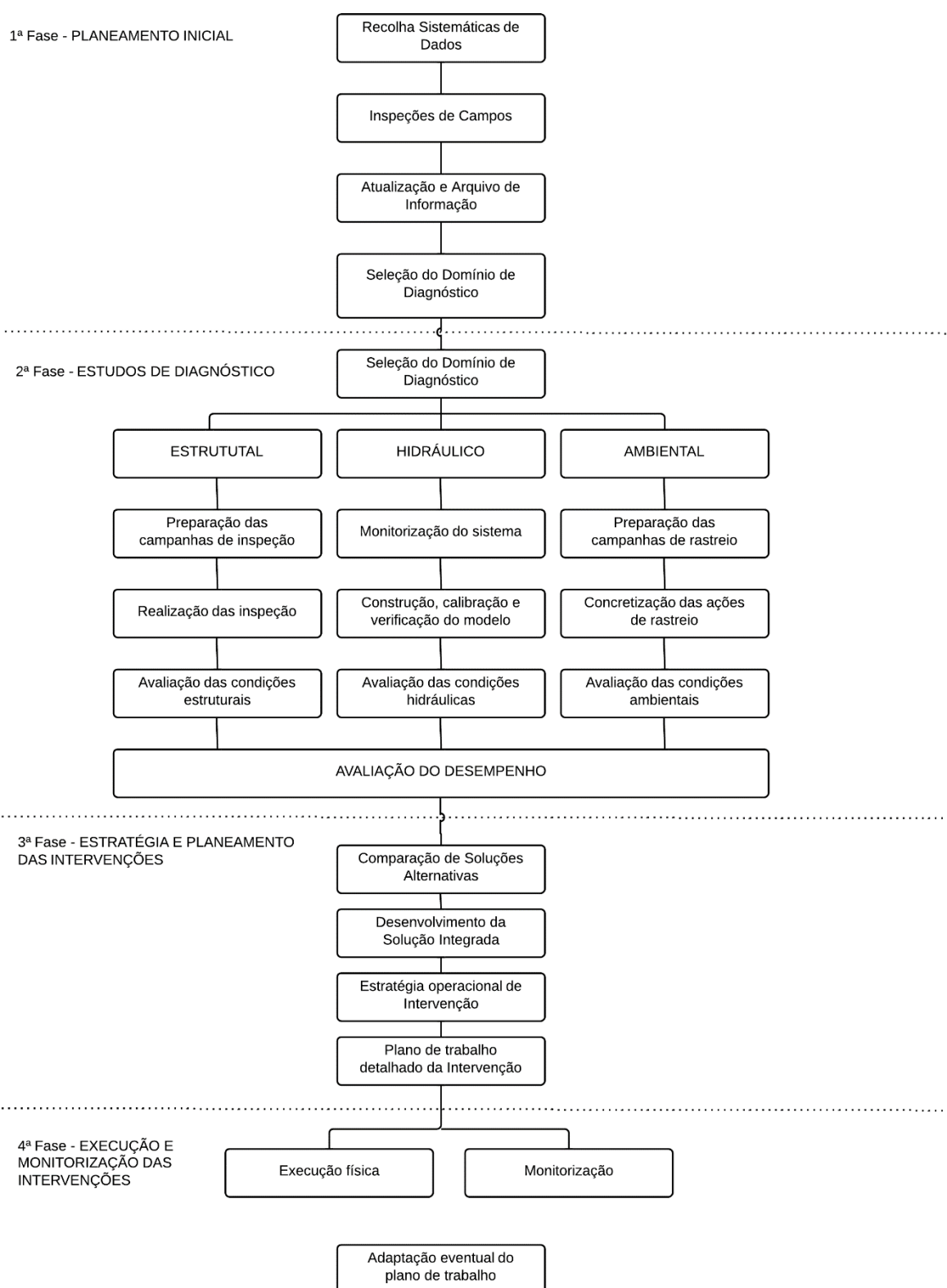



Fig. 8 - Conjunto de procedimentos e ações das Quatro Fases [5]

3.3.2 PLANEAMENTO INICIAL

O principal objetivo desta etapa é obter, da forma mais rigorosa e pormenorizada quanto possível, informação atualizada do sistema de drenagem de águas em estudo no seu conjunto, incluindo o estado de conservação e funcional. A abordagem preliminar incide, essencialmente, em usar dados de cadastro, baseados em cartas e complementados com informações de exploração, isto é, constituem elementos a recolher os dados sobre as bacias de drenagem e suas características (áreas drenadas, inclinações médias, áreas impermeáveis, semipermeáveis, e permeáveis) e os dados sobre as infraestruturas de drenagem (rede de coletores, câmaras de visita, descarregadores e outras estruturas complementares). Como os elementos de cadastro normalmente se encontram de desatualizados, torna-se necessário complementar esta informação através de um plano sistemático de inspeções de campo. Com recurso a diferentes técnicas de inspeção, muitos dos problemas estruturais, causadores de problemas de comportamento hidráulico poderão ser identificados, documentados e classificados. As deficiências mais comuns incluem, assoreamento e depósitos nos coletores ou câmaras de visita, assentamentos com abatimento de soleiras, fissuras com causas diversificadas, incrustações na superfície interna, acessos insuficientes ou não utilizáveis por razões de segurança, estrangulamentos e obstrução de variadas causas e ligações indevidas. Esta informação pode ainda ser complementada com informação histórica, por exemplo, precipitações excecionais, rotura ou colapso de coletores, descargas poluentes com frequência inaceitável. [6]

3.3.3 ESTUDO DE DIAGNÓSTICO

- Diagnóstico Hidráulico

A principal função do diagnóstico hidráulico é avaliar o funcionamento, apenas do ponto de vista hidráulico, do sistema de drenagem, caracterizando, assim, as suas principais deficiências.

Os instrumentos de apoio ao diagnóstico hidráulico são os modelos de simulação, que reproduzem as características hidráulicas do sistema simulado, ao longo de um período de tempo para o qual se conhece (ou estima) a evolução do cenário de solicitações e de operação [6].

Um modelo de simulação pode constituir um instrumento de análise das causas do comportamento hidráulico deficiente, auxiliar no estabelecimento e obtenção de objetivos de desempenho do sistema e ajudar a identificar opções alternativas de reabilitação. Depois de construído o modelo matemático para o caso de estudo, este precisa de ser validado e calibrado para permitir comparar e ajustar valores simulados e medidos.

- Diagnóstico Ambiental

A principal função do diagnóstico ambiental é identificar ou verificar as ligações industriais, em termos quantitativos e qualitativos, no que respeita ao cumprimento dos requisitos legais, em particular se se tratar de efluentes tóxicos e/ou perigosos; a observação dos pontos onde se verifica ausência de estanquidade, com a consequente saída de águas residuais para o exterior, em particular em zonas de aquíferos sensíveis, a preservar da contaminação; e, observação de descargas nos meios recetores tendo em vista a verificação do cumprimento dos objetivos de qualidade. Outros elementos como odores indesejáveis, atmosferas potencialmente tóxicas, ruído acima de valores aceitáveis ou aspeto visual desagradável, devem fazer parte igualmente deste diagnóstico.

Insere-se ainda a verificação das condições de segurança. Estas incidem na existência e no cumprimento dos procedimentos e regras adequados à prevenção de acidentes relativos, quer aos recursos humanos envolvidos, quer à população.

- Diagnóstico Estrutural

O principal objetivo do diagnóstico estrutural é avaliar o estado do sistema de drenagem de águas residuais, do ponto de vista físico, caracterizando, assim, as suas patologias de natureza estrutural.

Os elementos em que assenta este diagnóstico são, essencialmente, campanhas planeadas de reconhecimento, observação direta e inspeção dos coletores, diretas ou indiretas. Este último recorre a técnicas de utilização de circuitos fechados de televisão e de gravação de vídeo. Alguns destes elementos são recolhidos na fase de planeamento inicial, como já referido, porém, há a necessidade de os complementar, codificar e classificar no contexto de diagnóstico estrutural.

As condições de inspeção devem ser as mais adequadas a uma perceção realista das principais deficiências, isto é, acessibilidade, limpeza possível e baixas alturas de escoamento, com a garantia de cumprimento de critérios de segurança pessoal. A identificação e a codificação das deficiências deve ser previamente estabelecida, de forma clara, e os registos devem ser realizados de forma completa e cuidadosa, de modo a permitir que os resultados possam ser bem interpretados e comparados. [3]

É notório que alguns aspetos analisados no diagnóstico estrutural podem ser relevantes na avaliação do comportamento hidráulico da rede de drenagem e do impacte ambiental. Por exemplo, a existência de obstruções na seção de escoamento por sedimentos ou entulhos provoca alterações no escoamento, fissuras ou brechas na superfície interior dos coletores originando infiltrações ou saída de efluente e de ligações indevidas, provocando, assim, tanto mau desempenho hidráulico como impacte ambiental.

3.3.4 Avaliação do Desempenho Técnico

A avaliação do desempenho técnico dos sistemas de drenagem corresponde a um estado mais evoluído da fase de diagnóstico e representa um apoio à tomada de decisão em termos de opções e prioridade de reabilitação.

Este aspeto é importante porque revela um potencial prático, na medida em que as entidades gestoras são frequentemente confrontadas com situações de disponibilidade financeira limitada face às necessidades, pelo que uma matriz de prioridade de intervenção permitirá apoiar a decisão de forma sustentada e contribuir para uma maior rendibilidade do investimento. [6]

O desenvolvimento de metodologias e de instrumentos de avaliação de desempenho hidráulico, ambiental e estrutural é ainda um domínio em fase inicial de desenvolvimento cuja principal função é fornecer uma avaliação sistematizada e normalizada do desempenho dos sistemas. Esta avaliação traduzir-se-á em novas ferramentas de engenharia, sob a forma de aplicações computacionais, que complementem os modelos de simulação já existentes. Estas ferramentas permitirão, assim, obter resultados sobre a análise de desempenho global e sectorial dos sistemas.

A metodologia de avaliação do desempenho técnico de um sistema de drenagem pode basear-se na determinação de “medidas de desempenho” calculadas a partir da análise sob pontos de vista específicos, das características ou do respetivo comportamento utilizando os seguintes parâmetros:

- O valor numérico de uma propriedade ou variável de estado da rede, que se considere representativo do aspeto em apreciação;
- Uma curva de correlação que estabeleça a relação entre os valores dessa variável e uma escala de classificação de desempenho, para cada elemento da rede;
- Um operador que permita a agregação espacial dos valores elementares, por forma a poderem ser obtidos valores globais para a totalidade do sistema ou para um dado subsistema.

Pela aplicação desta metodologia resultam valores do desempenho tanto para os elementos da rede, individualmente, como também para subsistemas ou para a rede global. Existirá, então, um valor global que é obtido que representará o desempenho global da rede e, por outro lado, uma população de valores elementares que se presta a tratamento estatístico. Os dois tipos de valores podem ser combinados graficamente, em diagramas, em que o desempenho técnico do sistema pode ser representado para um leque de condições funcionais.

3.3.5 Estratégia e Planeamento das Intervenções

Os resultados dos estudos de diagnóstico hidráulico, ambiental e estrutural conduzem à perceção das deficiências de funcionamento do sistema de drenagem de águas residuais.

Torna-se possível estabelecer prioridades de atuação avaliando o impacte relativo a cada uma das deficiências e hierarquizando-as. Os instrumentos de avaliação do desempenho contribuem para esta finalidade.

No planeamento e no desenvolvimento das soluções a implementar deverão ter-se em consideração as seguintes variáveis operacionais:

i. Faseamento dos trabalhos dando prioridade às obras com maiores benefícios esperados a curto prazo;
ii. Articulação com outras infraestruturas por forma a beneficiar de efeitos de escala;
iii. Reciclagem dos materiais e resíduos produzidos nas obras;
iv. Minimização de incómodos para a população, incluindo fatores relacionados com o tráfego, o ruído, a poluição do ar e outros de natureza social;
v. Custos futuros de operação;
vi. Custos totais, diretos e indiretos, incluindo de natureza social.

Seguidamente é elaborado um plano de trabalhos detalhado incluindo as etapas de execução, os custos, a relação com os outros trabalhos e a segurança.

3.3.6 Execução e Monotorização

Esta é a fase de concretização das soluções e são várias as tecnologias aplicadas ao nível de soluções hidráulicas, estruturais e ambientais. As soluções tecnológicas aplicadas vão desde mecanismos operacionais eficientes, passando pela utilização e aplicação de modernas resinas e outros produtos similares em revestimentos interiores e exteriores, até à utilização de técnicas sofisticadas em operações de reparação localizada, renovação ou substituição de componentes nos sistemas de drenagem.

É importante verificar posteriormente o impacte da solução de reabilitação na melhoria do comportamento do sistema, nomeadamente na resolução de problemas previamente identificados, e no cumprimento dos objetivos de desempenho estabelecidos. Nesta fase os instrumentos de avaliação do desempenho têm um papel fundamental na medida que permitem quantificar as melhorias induzidas.

A simulação hidráulica constituiu um importante instrumento para o diagnóstico de sistemas de águas residuais e no apoio sustentado a intervenções de reabilitação. Porém, as suas capacidades só poderão ser completamente exploradas se se dispuser de sistemas monitorizados, ou seja, equipamentos instalados de medição em regime contínuo ou quase-contínuo de variáveis relevantes, por exemplo, a precipitação, as variações de caudais em tempo seco e tempo chuvoso ou a carga poluente descarregada para o meio recetor, que ao longo de um dado período de tempo permita ao sistema responder a solicitações com diferentes características e registar a sua resposta.

As modernas tecnologias de registo, transmissão, processamento informático e visualização gráfica permitem tirar partido das medições efetuadas. Estas tecnologias adequadamente usadas, transformam os dados recolhidos em informação que pode ser utilizada no mais variado modo, no apoio a processos de decisão.

Estudos deste tipo podem ser úteis a dois níveis:

i. Na obtenção de boas estimativas não só dos caudais médios, em tempo seco, mas também da sua variação diária, semanal ou sazonal;
ii. Na obtenção de estimativas de caudais de infiltração ou caudais provenientes de ligações pluviais à rede doméstica, situações frequentes que induzem problemas e disfunções no comportamento das redes.

3.4 Operação e Manutenção no Âmbito de Reabilitação de Infraestruturas

3.4.1 Aspetos Gerais

Os sistemas de drenagem de água, designadamente os mais complexos, devem ser mantidos e operados de uma forma racional e adequada com base nos planos de operação e manutenção definidos, nomeadamente, no regime legal estabelecido. Estes planos devem ser completados e melhorados de forma dinâmica com base na informação que vai sendo disponibilizada. Serão objetivos importantes destes planos, a definição da frequência de inspeção e operações nas diversas partes do sistema e o planeamento dos recursos necessários, de maneira a obter os desempenhos pretendidos nas suas diversas vertentes (hidráulica, estrutural e ambiental) com os custos apropriados.

Deve ser desenvolvida a estratégia de operação e manutenção de um sistema tendo em conta os requisitos de desempenho pretendidos, definindo a periodicidade das inspeções de rotina e os procedimentos a adotar nas condições de emergência.

3.4.2 Requisitos de Desempenho

De acordo com a norma europeia EN 752-5, compõem os requisitos de desempenho de sistemas de drenagem os seguintes aspetos:

- As infraestruturas devem operar sem entupimentos; a frequência de entrada em carga dos coletores e de inundações deve ser limitada, de acordo com os critérios de projeto;
- Não deve haver perigo ou riscos para a saúde pública;
- Não deve haver risco para a saúde e para a segurança dos operadores;
- Os meios recetores devem ser protegidos de descargas poluentes conforme a legislação aplicável;
- Os ramais e os coletores não devem pôr em perigo as estruturas e os serviços na respetiva envolvente;
- As infraestruturas devem atingir o horizonte de projeto, em condições de integridade estrutural;
- Os ramais e os coletores devem manter-se estanques, quando submetidos aos ensaios regulamentares;
- Devem ser previstos acessos para operação e manutenção do sistema.

Para a satisfação dos requisitos de desempenho contribuem uma adequada conceção, projeto e construção das infraestruturas, assumindo também, nesse contexto, um papel fundamental uma correta operação e manutenção da mesma.

3.4.3 Problemas Financeiros e Procedimentos de Operação e Manutenção

Os sistemas de drenagem urbana são, por regra geral, complexos e para essa complexidade podem contribuir bastantes fatores, particularmente a existência de uma rede em "alta" e uma rede em "baixa" com procedimentos distintos de operação e manutenção. A coexistência, no mesmo sistema, de núcleos separativos, unitários e pseudo-separativos; a existência de coletores e infraestruturas de diferentes materiais, diferentes tipos de secções e idades diversas; a existência de singularidades como descarregadores ou obstruções de secção.

Estes problemas ou os riscos que estes problemas podem proporcionar nos sistemas incluem-se, entre outros, os seguintes:

- Assoreamento, com eventual entupimento e obstrução das secções;
- Incrustação;
- Acumulação de gordura e filme biológico nas paredes do sistema;
- Intrusão de raízes;
- Infiltrações;
- Afluências indevidas de águas pluviais;
- Exfiltrações;
- Ocorrências de condições de septicidade inadequada;
- Colapso total ou parcial;
- Entrada de água do meio recetor;

Esses riscos resultam nos seguintes impactos:

- Eventuais inundações "interiores" (por exemplo, ao nível de caves) que por sua vez podem resultar em riscos de saúde pública;
- Inundações exteriores (de zonas privadas ou públicas) que podem resultar em riscos de saúde pública;
- Libertação de odores;
- Criação de atmosferas tóxicas e/ou explosivas com risco para o pessoal de operação;
- Ocorrência de corrosão;
- Ocorrência de erosão e/ou deterioração;
- Interrupção de tráfego, com impacto social;
- Manuseamento de elevada quantidade de detritos em seções críticas e a dificuldade de os levar ao seu destino final;
- Impacto ao nível de funcionamento da ETAR, se ocorrer entrada de água do meio receptor (por cheia no rio ou elevada agitação no mar).

Um plano de operação e manutenção deve consistir num conjunto de procedimentos e práticas que otimizem o comportamento do sistema global, ou seja, que permita um melhor desempenho a custos mínimos.

As intervenções de manutenção ocorrem, frequentemente, na sequência de acidentes ou roturas ou na verificação do risco de elas ocorrerem e destinam-se a repor as condições de operação de componentes dos sistemas. Como exemplos de ações de manutenção de sistemas de drenagem incluem-se os seguintes:

- Substituição e recolocação de aros e tampas de câmaras de visita;
- Reparação ou reconstrução de elementos estruturais das câmaras de visita;
- Reconstrução de acessos, incluindo preparação de superfícies e pintura de degraus;
- Reparação e regularização de soleiras de câmaras de visita;
- Reparação e renovação de coletores.

Os principais problemas funcionais e operacionais de componentes dos sistemas de drenagem urbana (coletores, câmaras de visita, sifões invertidos e descarregadores) assim como os possíveis métodos ou procedimentos de controlo estão apresentados no quadro seguinte.

Tabela 3. 1 - Principais problemas funcionais e operacionais de componentes dos sistemas de drenagem urbana [5]

Tipo de Órgão ou Componente	Problemas Funcionais e Operacionais	Métodos ou Procedimentos de Controlo
Coletores (incluindo Intercetores e emissários)	Obstrução; Sedimentação (que por vezes conduz à obstrução); Incrustação (depósito de substâncias minerais nas paredes) Acumulação de gorduras (nas paredes); Intrusão de raízes; Infiltração e/ou exfiltração; Colapso; Fratura; Ataque químico ou corrosão; Erosão do solo envolvente; Ligações defeituosas; Deformação de juntas abertas e deslocadas.	▪ Jato de água; ▪ Comporta basculante; ▪ Câmara de corrente de varrer; ▪ Escavação e reparação; ▪ Equipamento de controlo remoto; ▪ Esferas de limpeza; ▪ Varrimento; ▪ Reparação; ▪ Renovação; ▪ Substituição.
Câmaras de Visita	Tampas defeituosas; Problemas com acesso (dimensões não adequadas); Problemas estruturais; Sedimentação na soleira; Odores ou défice de oxigénio na atmosfera;	▪ Limpeza; ▪ Substituição de tampas; ▪ Reparação e Renovação de revestimentos; ▪ Reconstrução de acesso; ▪ Substituição de degraus.
Sifões Invertidos	Sedimentação; Obstrução.	▪ Jatos de água de alta pressão; ▪ Sução de sedimentos; ▪ Correntes de varrer; ▪ Esferas de limpeza.
Descarregadores	Obstrução; Entupimento de grades; Problemas Estruturais; Acumulação de Areias.	▪ Jatos de água de alta pressão; ▪ Sução de sedimentos; ▪ Correntes de varrer; ▪ Reparação e renovação estrutural.

De entre todos os problemas funcionais dos sistemas de drenagem de água mencionados os que assumem maior importância são os assoreamentos e os entupimentos. Para a resolução deste tipo de situações requer-se, frequentemente, outro tipo de ação e solução que não se limitam à operação e manutenção. No quadro seguinte apresentam-se algumas alternativas ou soluções tecnicamente viáveis para controlar situações de assoreamento em coletores, assim como as respetivas vantagens e inconvenientes; algumas destas técnicas incluem intervenção de substituição.

Tabela 3. 2 - Algumas alternativas ou soluções tecnicamente viáveis para controlar situações de assoreamento em coletores [5]

Técnica ou Procedimento	Vantagens	Inconvenientes
1. Mudança de declive ou seção	▪ Resolução do problema de assoreamento;	▪ Custo de investimento elevado e, por vezes, elevados custos sociais.
2. Comportas de corrente de varrer (Sewerflushing gates”)	▪ A longo prazo, controlam o assoreamento em trechos de pelo menos 100 metros; ▪ Podem ser instaladas temporariamente.	▪ Equipamentos exigentes, em termos de operação e manutenção. ▪ Redução da capacidade hidráulica do coletor. ▪ Eventual transferência do problema para jusante.
3. Correntes de varrer por ação de descarregador ou “lâminas” descarregadoras (“weirboard”)	▪ Medida pouco dispendiosa e temporária.	▪ Capacidade limitada de controlo do assoreamento; ▪ Eventual transferência do problema para jusante.
4. Remoção cíclica de sedimentos, por jato de água (“jetting”)	▪ Resolução do problema de assoreamento.	▪ Mão-de-obra intensiva; ▪ Eventuais problemas de saúde e segurança; ▪ Interrupção total ou parcial de tráfego.
5. Câmaras de deposição (“inverttraps”)	▪ Remoção dos sedimentos em locais específicos; ▪ Retenção seletiva de sedimentos (só a partir de certa dimensão); ▪ Sem impacto na capacidade hidráulica dos coletores.	▪ Necessidade de limpeza cíclica; ▪ Valores significativos de sedimentos a transportar para o destino final; ▪ Interrupção total ou parcial de tráfego, durante a operação de limpeza.
6. Sistema de comportas em “cascata” (“cascade”)	▪ Remoção dos sedimentos em locais estratégicos; ▪ Podem ser instalados temporariamente.	▪ Necessidade de limpeza cíclica; ▪ Remoção de sedimentos para destino final; ▪ Redução da capacidade hidráulica; ▪ Interrupção total ou parcial de tráfego.

A escolha da melhor técnica resulta do conhecimento detalhado do comportamento das infraestruturas (em termos de quantidade de depósitos e taxas de acumulação erosão) e da modelação dos resultados das ações a levar a cabo, em termos de previsão dos efeitos, recorrendo a instrumentos de modelação.

4
GESTÃO PATRIMONIAL

4.1 CONCEITO DE GESTÃO PATRIMONIAL

O património de uma dada entidade gestora consiste no conjunto de infraestruturas necessárias para a prestação do serviço. Este património está sujeito a alterações ao longo do tempo, consequência das necessidades do serviço e da evolução tecnológica [6]. Tanto a reabilitação como a renovação/substituição destas infraestruturas tende a ser efetuada através da substituição de componentes individuais, de modo a garantir a operacionalidade do sistema e a minimizar os períodos de interrupção do serviço.

A gestão patrimonial é entendida como a gestão do património constituído pelas infraestruturas, minimizando os custos e garantindo os níveis de serviço exigidos pelos clientes. Nesta definição fica evidente que, em última análise, os clientes estabelecem os objetivos de desempenho e a importância relativa desses objetivos no processo de tomada de decisão no âmbito da gestão patrimonial [7]. Assim, a gestão patrimonial difere da prática habitual de minimizar os custos do sistema, ao focar na maximização do valor do sistema para os clientes [8]. De acordo com o exposto, o objetivo principal da gestão patrimonial é obter o melhor compromisso entre o custo da infraestrutura e o serviço prestado, salvaguardando níveis mínimos exigidos legalmente ou regulamentarmente. Para uma gestão patrimonial eficiente é necessário analisar o custo de prestar um dado serviço procurando [9]:

- Minimizar a necessidade de adquirir/construir novas infraestruturas;
- Maximizar o potencial das infraestruturas existentes;
- Reduzir o custo global das infraestruturas;
- Assegurar a definição de objetivos e avaliação de resultados.

Os principais objetivos subjacentes à implementação da gestão patrimonial a sistemas de drenagem urbana são a sua operação regular, garantindo o bom funcionamento dos elementos que o compõem, e o desempenho global dentro dos padrões estabelecidos durante o período de tempo mais longo possível. [6] Numa perspetiva integrada, é um processo sistemático com a função de garantir a eficiência económica das atividades de [10]:

- Operação e manutenção;
- Reabilitação e substituição;
- Ampliação e adequação.

A gestão patrimonial conjuga aspetos técnicos da prática de engenharia com aspetos de carácter financeiro e económico. O património tem um tempo de vida indefinido, que dependerá da sua degradação física ou funcional, embora possa atribuir-se um tempo de vida económica [11]. Uma análise

financeira do património infraestrutural faz-se com base no método de depreciação. Este método fundamenta-se na atribuição de um valor económico às componentes físicas do património ao longo do tempo, em detrimento da dedução do custo inicial dessas mesmas componentes. Para aplicar este método é necessário atribuir um custo inicial aos elementos da infraestrutura e desvalorizar anualmente cada elemento da infraestrutura ao longo da vida útil. [10] Eventualmente, pode ser definido um valor residual mínimo do elemento.

A aplicação deste método não tem em conta fatores importantes para a análise financeira, como os custos associados à reabilitação e manutenção e os seus efeitos na vida útil dos elementos da infraestrutura. A American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO) elaborou uma abordagem alternativa que permite ter em conta os fatores referidos anteriormente. A operação de gestão patrimonial necessita de [10]:

- Inventariação da infraestrutura, obtendo:
  - A caracterização atualizada dos elementos da infraestrutura;
  - Classificação da condição dos elementos que compõe a infraestrutura ou de uma amostra estatisticamente representativa dos mesmos;
- Valoração da infraestrutura, requerendo:
  - A previsão da condição futura dos elementos da infraestrutura;
  - A atribuição de um valor monetário aos elementos;
- Avaliação da infraestrutura e a priorização das intervenções, definindo:
  - Um sistema de avaliação do desempenho para os diversos elementos que compõe a infraestrutura;
  - Um modelo para distribuir os recursos disponíveis à gestão dos elementos da infraestrutura.

Para se poder aplicar os diversos processos desta abordagem, torna-se necessário a entidade gestora possuir um cadastro atualizado do património infraestrutural, uma classificação da condição dos elementos (coletores/câmaras de visita) da infraestrutura ou uma amostra estatisticamente representativa dos elementos e uma estimativa do custo anual de manter o sistema no nível exigido para a condição dos elementos que compõem a infraestrutura [10]

A gestão patrimonial para o caso de infraestruturas de drenagem deve concentrar-se na otimização do ciclo de reabilitação e substituição das infraestruturas de forma a obter, no futuro, uma melhor relação custo-benefício. Desta forma, a substituição ou reabilitação de um determinado elemento da infraestrutura não deve ser efetuada antes do tempo, pois está-se a desperdiçar capacidades e recursos, mas deverá ser antes da ocorrência de falhas com consequências e encargos indesejáveis [12]. Em suma, deve realizar-se a tarefa devida, nos componentes que o exijam, no momento certo e com as soluções técnicas adequadas [13; 6].

4.2 ESTRATÉGIAS DE GESTÃO PATRIMONIAL

Na perspetiva da operação e manutenção de um sistema de drenagem, as estratégias de gestão patrimonial podem ser classificadas em reativas e pró-ativas. Na abordagem reativa as ações de reparação só são realizadas quando ocorre uma falha no sistema. Numa estratégia pró-ativa, as ações que permitem um elemento da infraestrutura permanecer em boas condições de funcionamento advêm de uma rotina sistemática de inspeção, deteção e prevenção de falhas. Dentro da estratégia pró-ativa existem diversas variantes, conforme se esquematiza na Figura 9.

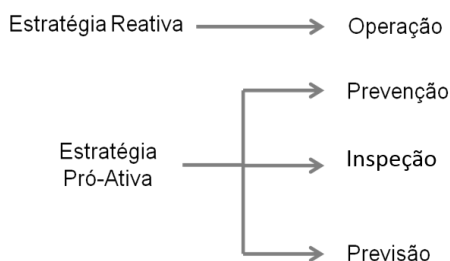



Fig. 9 – Estratégias Reativas e Pró-Ativa

4.2.1 ESTRATÉGIA REATIVA BASEADA NA OPERAÇÃO

É o método mais simples de gestão patrimonial. Neste método a substituição ou reparação de um elemento do sistema só ocorre aquando de uma falha. Os registos de operação e manutenção, bem como de ocorrência de falhas são registados para futuras análises. Este método implica maiores riscos do ponto de vista da segurança quando comparado a outras estratégias. No caso de falha grave pode até resultar em perigos para a vida humana e/ou danos significativos noutras infraestruturas. Do ponto de vista financeiro, esta estratégia não se apresenta como uma boa opção face a outras estratégias pois, de uma perspetiva que não se limite ao custo de reparar a falha e inclua os custos indiretos dela resultante (e.g., interrupção do serviço; incomodidade para as populações; impactos ambientais), é sempre mais onerosa a reparação após falha do que antes da sua ocorrência [10].

4.2.2 ESTRATÉGIA PRÓ-ATIVA BASEADA NA PREVENÇÃO

Na estratégia preventiva os elementos da infraestrutura são reabilitados e/ou reparados em períodos de tempo fixos [10]. Esta estratégia é baseada no historial e experiência da entidade gestora. A otimização do intervalo de tempo fixo depende dos critérios económicos, de segurança e de nível de serviço. Esta estratégia necessita de um grande volume de dados, para efetuar análises estatísticas que permitem obter tempos de vida útil dos diversos elementos que compõe o sistema de drenagem [12]. Adicionalmente, a previsão da vida útil dos componentes corresponde a valores médios observados que podem não corresponder ao padrão da infraestrutura no futuro, o que poderá ter consequências em termos da eficiência económica das intervenções efetuadas com base nesta estratégia.

4.2.3 ESTRATÉGIA PRÓ-ATIVA BASEADA NA INSPEÇÃO

Esta estratégia envolve a realização de inspeções periódicas e a decisão de manter, reparar ou substituir é determinada com base nos resultados dessas inspeções. É uma das estratégias mais utilizadas pelas entidades gestoras nos processos de gestão patrimonial. Neste método existe uma priorização dos elementos da infraestrutura a reparar, dando-se prioridade aos elementos em pior condição [10].

4.2.4 ESTRATÉGIA PRÓ-ATIVA BASEADA NA PREVISÃO

Esta estratégia tem como objetivo otimizar a performance e a fiabilidade minimizando os custos associados [10]. Tendo em conta os limites de recursos disponíveis, esta estratégia promove a priorização, dos elementos que necessitam de intervenção, através de modelos de degradação dos diversos elementos e da previsão dos impactos da respetiva falha. Com a aplicação desta estratégia é possível estabelecer prioridades de intervenção e os custos associados a cada cenário [12]. Esta

estratégia apresenta-se como a melhor abordagem do ponto de vista da previsão de falhas, planeamento de reparações ou substituições e distribuição de recursos [10].

4.3 METODOLOGIA DE GESTÃO PATRIMONIAL

4.3.1 NOTA INTRODUTÓRIA

A metodologia da gestão patrimonial de infraestruturas é composta por um conjunto de processos que permitem conjugar a gestão técnica com a componente económica e financeira [6]. De acordo com National Research Council Canada (NRC), os processos necessários para uma gestão pró-ativa com o objetivo de manter a performance dos sistemas de drenagem são: inventariação da infraestrutura, aferição do risco de falha do sistema, priorização das intervenções, inspeção da infraestrutura, avaliação da condição dos coletores e câmara de visita, decisão sobre o tipo de reabilitação a efetuar, reabilitação, estabelecimento da frequência das inspeções futuras. As relações e dependências dos processos envolvidos na gestão pró-ativas são descritas pela Figura10.

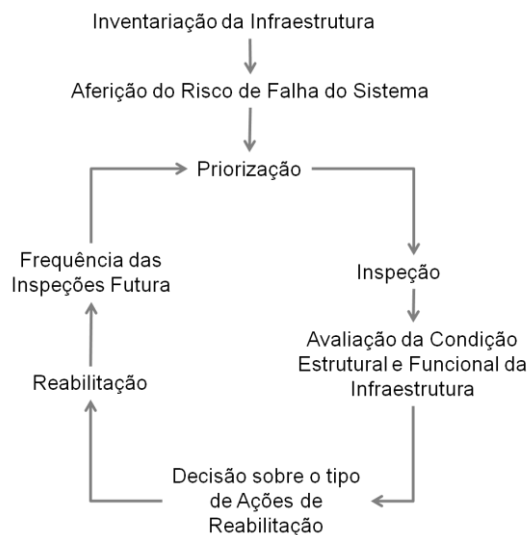



Fig. 10 - Relações e Dependências dos Processos Envolvidos na gestão Pró-Ativas [14]

4.3.2 INVENTARIAÇÃO DA INFRAESTRUTURA

A inventariação das infraestruturas corresponde ao conjunto de toda a informação sobre as características e o historial das infraestruturas, que deve ser exaustiva e continuamente atualizada. Esta etapa constitui a base de suporte para a implementação da gestão patrimonial, em especial se o objetivo for adotar uma estratégia de gestão pró-ativa. Geralmente, a inventariação das infraestruturas de um sistema de drenagem requer uma combinação de pesquisa de registos e verificações/levantamentos locais [13].

No estudo denominado *An examination of methods for Condition Rating of Sewer Pipelines*, são descritas algumas das informações fundamentais para o processo de inventariação [10]:

- Custo de construção do elemento;
- Localização e características físicas atuais da infraestrutura;
- Características de projeto;
- Histórico do funcionamento das componentes;
- Registo das atividades de manutenção;

- Utilizações, solicitações e condição atual das diversas componentes da infraestrutura.

Dada a complexidade destas infraestruturas, geralmente estas informações têm de ser recolhidas de fontes de informação correspondentes a diferentes fases de projeto e também diferentes fases de operação do sistema. Usualmente as entidades gestoras utilizam as seguintes fontes de informação [12]:

- Elementos de projeto;
- Telas finais;
- Relatórios de inspeções realizadas;
- Relatórios de estudos efetuados;
- Relatórios e manuais de operação e manutenção;
- Contacto com pessoal responsável pela operação e manutenção;
- Registos de intervenções de reparação ou substituição;
- Registos dos consumidores.

Na conceção do suporte para o inventário das infraestruturas de drenagem, pode optar-se pela utilização isolada de plataformas informáticas ou a conjugação de diversas soluções. Existem diversas soluções no mercado baseadas em Sistemas de Informação Geográfica (SIG) e/ou Desenho Assistido por Computador [12]. A base de dados deve ser concebida de modo a que seja de gestão simples e a entidade gestora deverá estabelecer procedimentos que permitam uma atualização constante [12].

4.3.3 Aferição do Risco de Falha do Sistema

A gestão do risco é um processo que, no sector da água, tem vindo a ganhar importância. Inicialmente os aspetos a ter em conta na apreciação do risco prendiam-se com critérios ambientais, mais concretamente com a carga poluente descarregada no meio recetor. Este processo tem incorporado ao longo do tempo outros conceitos de caracter económico e de enfoque no cliente, nomeadamente custos associados com a perda e falha do serviço [12].

A norma ISO 24511:2007 faz referência à gestão de risco em sistemas de drenagem, associando a situações de caracter excecional de exploração, indicando a necessidade de abordagens de gestão pró-ativa para assegurar o serviço no caso de ocorrência dessas situações. Esta norma menciona os seguintes casos de emergência a ter em conta na gestão do risco:

- Acidentes (tecnológicos e outros);
- Fenómenos naturais (e.g. sismos; fenómenos climáticos extremos);
- Ações humanas (eg. criminais; vandalismo; terrorismo).

A abordagem de cada um destes casos de emergência implica a criação de cenários e a adequação do tipo de estratégia de gestão patrimonial a adotar pela entidade gestora a cada cenário. Ao considerar-se a gestão de risco, é possível adequar a cada situação uma estratégia de gestão patrimonial, podendo coexistir estratégias reativas com estratégias pró-ativas no mesmo sistema de drenagem.

Numa análise mais incisiva à norma ISO 24511:2007 é possível identificar algumas referências de riscos relacionados com ambiente, segurança e saúde, mencionadas no âmbito de processos da gestão patrimonial, como o desenvolvimento de processos de operação, conceção e implementação de programas de manutenção pró-ativos, inventariação de materiais e equipamentos críticos e elaboração de planos de contingência e emergência [12].

No âmbito da gestão patrimonial, a gestão do risco de um sistema de drenagem urbana deve ser encarada segundo duas perspetivas: a primeira centra-se nos riscos relacionados com a avaliação, interpretação e previsão do desempenho das infraestruturas; e a segunda concentra-se nos riscos relacionados com os

resultados das intervenções efetuadas no desempenho das infraestruturas [12]. Embora estas perspetivas não sejam totalmente independentes, a primeira envolve a incerteza associada à tomada de decisões na fase de conceção, entendendo-se como conceção tanto um projeto de um novo sistema de drenagem, como a definição de planos de manutenção ou operação ou até projetos de reabilitação/substituição de sistemas existentes. A segunda tem em conta a incerteza de aspetos associados à fase de operação do sistema [12].

A aferição do risco de falha do sistema estabelece os critérios utilizados na priorização das inspeções e na reabilitação, não devendo incluir apenas a condição física do coletor mas também o grau de impacto decorrente da falha do coletor [15].

Este grau de impacto também deve ter em conta as áreas de impacto externas em termos ambientais, humanos e económicos. Tradicionalmente os impactos relacionados com infraestruturas de saneamento podem ser categorizados em termos da poluição ambiental, a afetação do sistema envolvente em termos biológicos e antropológicos, as consequências em termos de segurança e saúde para a sociedade e o custo da implementação e funcionamento do sistema na região. Na Tabela 4.1 encontram-se alguns dos potenciais impactos de um sistema de drenagem agrupados nas diversas categorias descritas anteriormente:

Tabela 4. 1 - Impactos de um Sistema de Drenagem de Águas Residuais

Categoria	Externalidade
Poluição	– Contaminação do ar; – Contaminação do solo; – Contaminação das águas subterrâneas; – Contaminação de águas superficiais; – Emissão de gases de efeito de estufa; – Produção de resíduos perigosos;
Envolvente	– Perda/Geração de habitats; – Alteração de biodiversidade; – Perturbação de bens históricos e/ou arqueológicos;
Segurança e Saúde	– Higiene e saúde pública; – Segurança Pública;
Sociedade	– Danos em bens (ex., vias de comunicação) e serviços; – Incomodidade sonora e odorífera; – Impacto estético/visual e recreacional;
Economia	– Custo da água potável, água residual e do terreno; – Encargos com danos; – Efeito no valor das propriedades;

4.3.4 PRIORIZAÇÃO

Os recursos disponíveis para a reabilitação tendem a ser escassos e limitados face às solicitações [16]. Desta problemática decorre a necessidade de priorizar os diferentes projetos de reabilitação. A resolução

deste desafio é bastante complexa, face ao conflito de interesses e objetivos das diferentes entidades envolvidas (e.g., políticos, administradores, acionistas, técnicos, clientes finais).

Do ponto de vista técnico, estabelecendo o risco associado a cada troço de coletor, é possível elaborar um mapa da infraestrutura com as zonas classificadas segundo o risco. Este mapa pode ser utilizado para a priorização das inspeções aos coletores, optando-se por inspecionar previamente os de maior risco, se mais nenhuma informação indicar o contrário.

4.3.5 Técnicas de Inspeção

Complementarmente à caracterização dos componentes, a inventariação completa das infraestruturas envolve a avaliação da sua condição e capacidade atual. Tal implica o recurso a técnicas de inspeção e ensaios de modo a complementar os eventuais registos de ocorrências e/ou de campanhas de monitorização.

As campanhas de inspeção ao coletor podem ser efetuadas com recursos a diversas técnicas. As técnicas de inspeção podem dividir-se em três grupos:

- Técnicas visuais (inspeção pessoal; CCTV);
- Sistemas físicos (laser; ultrassons);
- Sistemas geofísicos (termografia por infravermelhos; radar de penetração terrestre).

A escolha da técnica de inspeção ou da utilização de várias técnicas em conjunto depende do tamanho do coletor, do orçamento que a entidade gestora dispõe e se já é conhecida informação adicional sobre os coletores.

4.3.6 Avaliação da Condição Estrutural e Funcional das Infraestruturas

Na prática, a avaliação da condição dos sistemas de drenagem é efetuada, maioritariamente, através de inspeções CCTV. Esta técnica avalia os defeitos por meio de um robô / câmara que recolhe imagens das anomalias à medida que percorre o coletor. Os defeitos possíveis de ser identificados pela câmara são os que se encontram acima da superfície livre do coletor, visto que a turbulência do escoamento e os detritos do efluente não permitem obter imagens com qualidade suficiente para identificar anomalias em zonas submersas. A observação das zonas submersas poderá ser realizada caso haja a possibilidade operacional e física de colocar o coletor "fora de serviço". As anomalias podem ser identificadas e classificadas, segundo protocolos, por um inspetor treinado.

A aferição da condição do coletor é efetuada com recurso aos protocolos de inspeção. Através destes protocolos é possível estabelecer condições estruturais e funcionais dos coletores de acordo com os defeitos encontrados nas inspeções e os pesos associados a esses defeitos por parte do protocolo utilizado.

A decisão sobre o tipo de reabilitação a efetuar depende dos vários defeitos encontrados no coletor, da extensão dos mesmos e dos métodos de reabilitação disponíveis pela entidade gestora, incluindo as suas características, o campo de aplicação, o seu custo e a duração da reparação associado ao método selecionado.

4.3.7 Reabilitação e Frequência de Futuras Inspeções

A reabilitação a efetuar ao coletor deve ter em conta o risco associado, sendo o grau estrutural e funcional do elemento indicador da probabilidade de falha. As consequências da falha dependem de fatores como a dimensão, profundidade ou localização do coletor.

A frequência das inspeções pode ser igual para toda a rede de drenagem gerida pela entidade gestora, por exemplo de 3 em 3 anos inspecionar toda a rede de drenagem, ou pode ser estabelecida de acordo com o grau estrutural e funcional obtido na última inspeção aos coletores, em que uma melhor condição do coletor corresponde a inspeções mais espaçadas no tempo. O National Research Council Canada (NRC) propõe que a frequência com que se inspeciona seja estabelecida com base no risco de falha do elemento da infraestrutura e na condição estrutural e funcional do coletor. O risco de falha é determinado em função da condição dos elementos do sistema de drenagem e das consequências resultantes da eventual falha.

5
TÉCNICAS DE INSPEÇÃO

5.1 INTRODUÇÃO

Devido a uma enorme quantidade e natureza de serviços de infraestruturas enterrados e ao desenvolvimento das novas redes de telecomunicações, a reabilitação de infraestruturas enterradas existentes torna-se mais complexa. Para contornar este problema é necessário recolher toda a informação referente aos elementos existentes de um sistema de drenagem de água e esta deverá ser a mais precisa, completa e atualizada possível.

A informação do estado das infraestruturas pode ser obtida de duas diferentes formas: direta ou indireta. A informação obtida diretamente baseia-se no uso de inspeções e testes para obter nova informação; e a informação obtida indiretamente baseia-se na evolução história dos dados disponíveis, assim como, registos de falhas, registos de manutenção, reclamações de clientes e testes aos sistemas.

A informação necessária para tomar a decisão acertada é reunida conjugando estas duas formas de obtenção de informação. Porém a informação adicional obtida baseada no uso de inspeções pode não compensar o custo económico que esta acarreta. Grande parte da informação pode ser obtida indiretamente se os registos da empresa estiveram atualizados.

Uma forma mais objetiva e precisa é a análise estatística, de forma a correlacionar os registos dos problemas das condutas com as suas características, tais como, o tipo de material e a idade, a presença de agentes químicos (se aplicável), o tipo de solo e condições de operação. Para uma melhor análise, esta deve estar suportada num sistema de informação geográfica que permite associar os problemas e características da tubagem à sua localização espacial. Numa primeira aproximação permite identificar conjuntos de coletores com o maior potencial de rutura, os quais, consequentemente, serão prioritários a reabilitar.

A tabela 5.1. pretende organizar estas questões relacionadas com a obtenção da informação sobre os sistemas [12].

Tabela 5. 1 - Origem da Informação através da Categoria Existentes

Categoria	Informação	Origem de Informação	
		Informação Existente	Através de Investigação
Dados Básicos da Tubagem	Dimensões - Diâmetro, exterior, diâmetro interior e espessura da parede	Desenhos existentes, documentação técnica da tubagem, especificações	Tubagem em pressão - medição direta do diâmetro exterior e espessuras através de ultrassom ou pela colheita de micro-amostras
	Tipo de material e desempenho específico	Desenhos existentes, documentação técnica da tubagem, especificações	Inspeção visual dos tubos, avaliação de amostras
	Tamanho dos tubos e tipo de juntas	Desenhos existentes, documentação técnica da tubagem, especificações	Inspeção visual
	Idade	Datas de instalação e do arranque de exploração através de registos	
	Proteção contra a corrosão	Documentos técnicos e de exploração	Inspeção visual do exterior das tubagens, CCTV* ou inspeção visual do interior
	Acessórios de rede	Peças desenhas existentes, documentos de exploração e catálogos de fabricantes	CCTV*ou inspeção visual humana do interior
Geometria da Rede	Localização e grau das curvas	Desenhos existentes	CCTV* ou inspeção visual do interior
	Perfis	Desenhos existentes	CCTV* ou inspeção visual do interior
	Locais de Acesso	Desenhos existentes	Inquérito para identificar locais para escavação dos poços de acesso aos tubos em pressão
Condições à Superfície e Enterradas	Localização e tipo de infraestruturas enterradas	Desenhos existentes e relatórios de manutenção	Uso de Geo-radar, poços de inspeção, etc.
	Natureza do Leito	Especificações das instalações, observações de equipas de manutenção	Inspeção visual nas escavações
	Natureza do solo e regularização/aterro	Especificações das instalações, observações de equipas de manutenção	Inspeção visual nas escavações
	Infraestruturas à superfície acima da rede, por exemplo, estradas, edifícios, etc.		Inspeção visual da envolvente da rede através de registos fotográficos, Levantamento Aéreo
Condições de exploração	Superfície livre - perfis, cargas hidrostática e cargas à superfície	Especificações originais e peças desenhadas. Registos de compra das tubagens	Verificação de alterações
	Em pressão - conceção, pressão média e máxima, possibilidade de supressões	Especificações originais e peças desenhadas. Registos de compra das tubagens	Verificação de alterações

	Necessidade de Bypass	Registos de caudais drenados	
Condicionantes estratégicas e logísticas	Necessidade de abastecimento temporário	Esquema da rede	Modelação hidráulica de avaliação do impacto da reabilitação nas partes adjacentes da rede
	Máximo intervalo de tempo de suspensão do serviço	Política da Entidade Gestora	Análise dos requisitos dos principais utilizadores
Condição estrutural da rede de drenagem	Indicadores de desempenho	Registos de obstruções, inundações e colapso	
	Anomalias estruturais	Levantamento dos dados de CCTV*	Novo levantamento das condições por CCTV* e medição de deformações, testes utilizando corantes e fumo
	Deformações excessivas	Levantamento dos dados de CCTV*	
	Assoreamento e presença de raízes	Registos da Manutenção	
	Condições das Caixas de visita	Registos da Manutenção	Inspeção visual
Condição hidráulica - redes de drenagem	Adequabilidade hidráulica	Registos de sobrecarga, etc.	Novo regime/modelo hidráulico
	Infiltrações	Medições e estudos existentes	Estudos especializados
Condição estrutural – rede de abastecimento de água	Indicadores de desempenho	Reclamações de clientes, pressão e interrupções do serviço, dados de ruturas e fugas, registos de manutenção	Teste de pressões e caudais
	Estado das paredes do tubo - tubos metálicos	Registos e observações de manutenção, registos da evolução de tubagem retirada	Visualização externa. Ultrassons, eletromagnetismo. Visualização interna, entrada humana ou CCTV*.Colheita de amostragem
	Estado das paredes do tubo - tubos à base de cimento	Histórico de ruturas. Excesso de fibras na água	Inspeção visual. Teste da fenolftaleína. Medição da dureza das paredes em amostras
	Estado das paredes do tubo - tubos de PVC	Histórico de ruturas	Ensaios mecânicos em amostras
Condição hidráulica – rede de abastecimento de água	Indicadores de desempenho	Reclamações de baixas pressões e caudais	Modelos hidráulicos de teste de caudais e pressões

*Inspeção por filmagem em Circuito Fechado

5.2 AVALIAÇÃO DO ESTADO DAS TUBAGENS – TÉCNICAS DE INSPEÇÃO

Uma vasta gama de técnicas está disponível para inspeção de tubagem enterrada e avaliação do seu estado. Estas variam desde a simples inspeção visual, até técnicas altamente sofisticadas por eletromagnetismo. As mais comuns têm uma descrição mais detalhada numa subsecção deste trabalho. Essas técnicas estão resumidas na tabela seguinte.

Tabela 5. 2 - Técnicas de Inspeção

Tipo	Designação	Princípio
Externa	Inspeção Visual	Inspeção em locais onde o tubo está exposto, incluindo a presença e estado da proteção à corrosão
	Medição da profundidade das fendas	Medição direta da corrosão e distribuição nos tubos metálicos
	Ultrassom	Inspeção por ultrassom para determinar a espessura das paredes dos tubos
	Colheita de uma micro/amostra	Usado em redes em pressão, onde se remove uma pequena amostra para avaliação laboratorial
	Colheita de uma amostra de tubo	Remoção uma amostra de tubo para avaliação laboratorial
Interna	Inspeção Visual	Inspeção direta pela entrada humana
	Pesquisa por CCTV	-
	Sonar	-
	Métodos a Laser	-
Técnicas Avançadas/Experimentais	Métodos Eletromagnéticos	-
	Resistência à Polarização Linear	-

5.2.1 Técnicas de Inspeção Externa

5.2.1.1 Inspeção Visual

Esta técnica faz uso de locais de acesso existentes em que o tubo pode estar exposto, ou locais com esse propósito. No caso de redes de tubagens metálicas, a inspeção pesquisa sinais de corrosão e qualquer dano existente na proteção exterior. Geralmente esta técnica é acompanhada por uma outra das abaixo citadas.

5.2.1.2 Medição da Extensão e Profundidade de Fendas (“Pith Depth Measurement”)

Em tubos metálicos, quer em ferro fundido, ferro fundido dúctil e aço é possível medir a extensão da corrosão externa através da avaliação da profundidade e distribuição de fendas. Precedentemente, é necessário remover qualquer corrosão existente, expor a superfície metálica e assinalá-la através duma grelha que facilita a monitorização. Um simples aferidor é seguidamente utilizado para medir a profundidade das fendas.

5.2.1.3 Ultrassons

Em condutas metálicas o equipamento de ultrassons pode ser utilizado para medir a espessura das paredes e extensão da corrosão. Contudo, em ferro fundido dúctil, é necessário o uso de técnicas especiais na inspeção, que devido à não homogeneidade das paredes da conduta, pode levar a falsa reflexões internas.

5.2.1.4 Colheita de Micro-Amostras (“Coupon removal”)

Esta técnica recorre ao uso de equipamento que permite a retirada de amostras de material (50mm de diâmetro) das paredes da conduta. A análise do material dá a indicação do tipo e extensão da corrosão

e, em conjugação com a medição do diâmetro exterior da conduta, permite determinar o diâmetro interno do tubo. No caso de condutas de fibrocimento, a amostra pode ainda ser testada sob o ponto de vista da sua resistência à compressão e dos resultados aferir-se acerca da atual capacidade resistente das paredes da tubagem.

5.2.1.5 Colheita de Amostras de Tubo

Esta é a forma mais eficiente e exata para se determinar a natureza e extensão da corrosão, contudo sempre que esta envolve a suspensão do serviço, torna-se demasiado dispendiosa e perturbadora. Por norma, um troço de um metro de amostra é colhido em todos os 250 metros, e analisado em laboratório. Esta técnica segue um procedimento cuidado, sendo a corrosão removida e a alteração de massa registada, e efetua-se a medição direta do diâmetro interno e externo. Através deste método pode ainda calibrar-se os resultados obtidos por métodos de inspeção não-destrutivos. As companhias de águas do Reino Unido têm utilizado este método em várias colheitas de amostras e elaboraram uma importante base de dados.

5.2.2 TÉCNICAS DE INSPECÇÃO INTERNA

5.2.2.1 Inspeção Visual

Este método aplica-se, fundamentalmente, a tubagens que permitem a entrada humana. A inspeção é feita visualmente, onde se determina o grau de corrosão das paredes e outros problemas. Na generalidade dos casos, esta operação é acompanhada por uma gravação vídeo. Em redes que não permitem a entrada humana, a inspeção é realizada através de um circuito fechado de televisão, como se descreve de seguida.

5.2.2.2 Inspeção por Filmagem em Circuito Fechado (“CCTV”)

A tecnologia de Televisão em Circuito Fechado (CCTV – *Closed Circuit Television*) tem sido amplamente utilizada na inspeção de coletores, desde a sua introdução após a II Guerra Mundial, sendo uma das técnicas mais utilizadas a par da inspeção pessoal [17]. Esta técnica de inspeção consiste em identificar as anomalias existentes nos coletores por visualização das imagens recolhidas através de câmaras CCTV que são introduzidas e deslocadas ao longo dos coletores. Apresenta-se como uma técnica muito eficiente em termos de custo a longo prazo e também bastante eficaz na deteção de vários tipos de anomalias [18].

A aplicação desta técnica limita-se à capacidade de apenas detetar anomalias visíveis na superfície interior do coletor [18]. Outra limitação reside na impossibilidade de deteção de anomalias existentes sob o escoamento. Esta técnica deixa de ser viável, pois não permite a obtenção de imagens com qualidade, nos casos em que o sistema de coletores se encontre parcialmente ou totalmente bloqueado ou a altura do efluente não permita obter imagens. O facto de esta técnica depender muito da qualidade da imagem obtida e da visualização das imagens recolhidas, torna o processo de análise demorado, subjetivo e muito dependente da experiência do inspetor [18]. Para colmatar algumas destas limitações, a tecnologia de inspeção CCTV tem sido alvo de evoluções tecnológicas nas últimas duas décadas, e a qualidade de imagem capturada tem sido melhorada. A introdução de câmaras a cores e o aumento da resolução contribuíram para o melhoramento da qualidade de imagem. Também foram introduzidas lentes de ampliação fixa ou controlada à distância que vieram a permitir uma visualização global, e em simultâneo a observação em detalhe da superfície interior dos coletores. Outra inovação importante foi a introdução de câmaras com possibilidade de movimentação em direções distintas do eixo do coletor

possibilitando a inspeção das anomalias e das ligações com melhor detalhe. Em termos dimensionais, os equipamentos CCTV têm sofrido uma redução do seu tamanho possibilitando a inspeção de mais componentes das infraestruturas [18].

No âmbito do armazenamento das imagens vídeo, a técnica também foi alvo de inovação com registo dos dados em formatos digitais, nomeadamente MPEG, permitindo uma pesquisa mais rápida e o cruzamento com informação complementar (localização e dados sobre defeitos) e comparação com dados de outros sistemas. O processamento informático automático das imagens obtidas nas inspeções potenciou uma classificação mais rápida e objetiva das anomalias detetadas. Por outro lado, o cruzamento de dados com outros métodos de inspeção (laser; sonar), veio a permitir imagens mais completas tanto da parte emersa como submersa [18].

Tendo em consideração a mobilidade das câmaras de CCTV, podem classificar-se os sistemas de inspeção por CCTV em estacionários ou móveis [20].

5.2.3.1.1 Sistema Estacionário

Neste sistema, a câmara de inspeção é fixada numa câmara de visita, donde capta imagens do coletor. A câmara pode, eventualmente, ser dotada de sistema de ampliação da imagem. Através desta tecnologia, a capacidade de deteção dos defeitos resume-se aos que são visíveis a partir do local onde a câmara é instalada [21]. Atualmente, as câmaras utilizadas neste sistema CCTV permitem obter imagens panorâmicas e podem ampliar imagens até 30 metros em coletores de 150 mm de diâmetro e até 210 metros em coletores de maior dimensão [22].

Uma das limitações de utilização do sistema estacionário reside na incapacidade da técnica inspecionar zonas submersas dos coletores. A resolução da imagem, a iluminação e a ampliação são também uma desvantagem desta técnica face a outras técnicas [22].

Dadas as limitações de observação desta técnica, na prática a sua utilização é, maioritariamente, integrada num processo de seleção das infraestruturas prioritárias para inspeção complementar [21]. Para esta função, esta técnica é bastante eficiente, pois não necessita de uma operação de limpeza do coletor antes da realização da inspeção, permitindo que a equipa de inspeção análise de uma forma eficiente o sistema a inspecionar priorizando os troços de coletor a serem alvos de uma inspeção mais cuidada [22].

5.2.3.1.2 Sistemas Móveis

Os sistemas móveis são os mais utilizados para a inspeção de coletores. Atualmente é usual a utilização de robôs motorizados, controlados à distância, que se deslocam ao longo do eixo dos coletores, recolhendo imagens de anomalias na sua passagem. Estes sistemas podem ainda ter velocidades reguláveis e permitir o controlo da altura da câmara e/ou da iluminação [23]. Nos coletores de menores diâmetros, em que os robôs não consigam entrar, ou nos coletores de grandes diâmetros, em que não seja possível desviar o efluente devido à altura e velocidade de escoamento inviabilizem a sua utilização, é frequente montar as câmaras em jangadas que são arrastadas ao longo do coletor. Um dos grandes problemas desta alternativa é o intervalo de tempo necessário para imobilizar a câmara, caso seja preciso inspecionar com maior detalhe alguma secção do coletor [23].

Fig. 11 - Sistema móvel de inspeção CCTV Rovver 225 [25]

Atualmente, já existem equipamentos comerciais móveis que permitem a inspeção de coletores com diâmetros a partir de 100 mm [20]. É recomendado que esta técnica só seja aplicada na inspeção de coletores com diâmetros até 1200 mm [20]. Tal deve-se ao facto de, à medida que o diâmetro do coletor aumenta, a distância entre a câmara e as paredes aumenta e condiciona a capacidade de visualização das anomalias. Para diâmetros superiores são necessárias câmaras que permitam imagens de maior resolução e sistemas de iluminação mais potentes. A câmara deve ser montada de forma a manter a lente o mais próximo possível do centro da tubagem, em coletores circulares ou retangulares, ou a dois terços da altura, em coletores ovais [23].

5.2.2.3 Sonar

Estes métodos são utilizados como suplemento à inspeção de redes de drenagem por CCTV, em situações onde a tubagem apresenta uma grande quantidade de material assoreado. Fornece informação do estado do tubo abaixo da camada de detritos. Geralmente é acoplado em conjunto com a câmara de inspeção ao mesmo veículo de tração o que permite a integração dos resultados.

5.2.2.4 Métodos a Laser

Estes sistemas permitem obter imagens digitalizadas com elevado detalhe das superfícies interiores dos coletores (Figura 12.a)) através de feixes de luz sobre a forma de LASER (Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation). As imagens digitalizadas produzidas por este sistema podem ser bi ou tridimensionais [17]. A Figura 12 b) ilustra uma imagem tridimensional do perfil de um coletor. A deteção de anomalias por este sistema depende do grau com que o feixe de luz emitido é refletido [21], sendo que as superfícies lisas refletem o máximo da luz incidente, as superfícies fissuradas reduzem a luz refletida e as secções em falta ou fendas no coletor não refletem a luz incidente.

Fig. 12 - a) Inspeção com recuso a técnica LASER [26] b)Obtenção do perfil do coletor através da técnica LASER [27]

Os sistemas com tecnologia LASER apresentam uma vasta gama de aplicação, desde coletores com diâmetros de 225 mm até 1,5 m e com precisões na ordem dos 0,1 mm na medição da geometria do

coletor, permitindo detetar eficazmente alterações à forma do coletor originadas por deformações, corrosão ou sedimentos [24]. Com o uso deste sistema é possível detetar fissuras até 0,25 a 0,3 mm [24].

Na inspeção de coletores de grandes dimensões, estes sistemas são mais eficazes do que os sistemas de inspeção CCTV, pois não apresentam limitações decorrentes da distância entre a câmara e a superfície do coletor e nem dificuldades em termos de nível de iluminação [18]. Por outro lado, esta técnica, tal como a técnica CCTV, não é aplicável nas superfícies imersas dos coletores [17]

No decorrer de uma inspeção por este método, a informação é analisada e gravada informaticamente, reduzindo os erros decorrentes do inspetor por cansaço ou falta de experiência do inspetor e permitindo um acesso mais eficaz aos dados por parte dos técnicos [21].

Do ponto de vista dos custos, este sistema requer um investimento inicial superior ao equipamento CCTV, mas, do ponto de vista do processo de inspeção, apresenta encargos operacionais mais reduzidos que o CCTV pois a inspeção processa-se de forma mais rápida [21]. Os lasers são muitas vezes utilizados em combinação com outros métodos de inspeção mais comuns, como CCTV e / ou sonar, de forma a colmatar as limitações inerentes a cada técnica [22].

5.2.2.5 Técnicas de Monitorização Acústica

A monitorização acústica pode ter dois propósitos:

- Detetar e localizar fugas
- Detetar e localizar a degradação e rutura dos cabos de pré-esforço em tubos de betão pré-esforçado.

5.2.3 TÉCNICAS AVANÇADAS E EXPERIMENTAIS

5.2.3.1 Métodos Eletromagnéticos

Estas técnicas induzem um campo eletromagnético nas paredes do tubo gerado a partir de um transmissor que determina a extensão em que o campo se altera, a amplitude e frequência da onda, pela passagem através das paredes do tubo. O sinal obtido é processado informaticamente, reproduzindo um registo da variação local da espessura das paredes.

5.2.3.2 Resistência à Polarização Linear

Um alargado número de métodos têm sido proposto que permitem correlacionar a corrosão dos tubos metálicos com o potencial corrosivo dos solos. Com base em medições e ensaios laboratoriais é possível estimar o tempo de vida útil e propensão para falhas e ruturas de um determinado tubo. Apesar das limitações destas técnicas serem conhecidas, é uma forma fácil e prática de avaliação da corrosão.

6

TRABALHOS PREPARATÓRIOS

6.1 INTRODUÇÃO

Este capítulo é dedicado aos procedimentos prévios a executar para aplicar uma técnica de reabilitação. Como acontece com todas as operações com instalações enterradas, conhecer o que se vai encontrar, é tão importante como a forma de intervir. No entanto, esta secção não trata das técnicas de avaliação do estado das infraestruturas existentes com vista à renovação ou substituição, mas sim, da descrição das técnicas que irão facilitar a implementação dos processos de reabilitação já selecionadas [28], nomeadamente:

- A investigação "in loco" para detetar e registar a localização precisa das infraestruturas já existentes;
- Pré e pós-operação de registo de CCTV para estabelecer a posição das singularidades laterais, os obstáculos e o atual estado das tubagens;
- Técnicas de limpeza que asseguram a adequabilidade da solução e sistemas de *by-pass* que restabelecem provisoriamente o abastecimento de água aos utilizadores ou derivam os caudais afluentes nas situações em que operações de reparação interrompem a linha principal quer de abastecimento ou drenagem, para qualquer intervalo de tempo significativo.

Por fim, abordam-se alguns dos aspetos da segurança das operações.

6.2 TRABALHOS LOCAIS ("SITE SURVEY")

Não se pode realizar qualquer intervenção que seja sem se localizar as infraestruturas a reabilitar. Uma das mais comuns fragilidades em toda a indústria com serviços enterrados, decorre de os cadastros existentes até à data não serem suficientes e não estarem atualizados, e por vezes, não corresponderem à realidade existente.

O ponto de partida para qualquer trabalho no local é possuir todos os cadastros das estruturas enterradas existentes. Estes irão apontar para a espectável posição dos pontos de acesso ou câmaras de visita que podem ser confirmadas ou corrigidas por visualização no terreno. Estas inspeções/pesquisas podem então ser utilizadas como forma de confirmação dos serviços existentes antes do início das principais obras.

6.2.1 SONDAGENS

Um dos métodos mais comuns para deteção e comprovação da localização de infraestruturas enterradas é a realização de sondagens. Este método compreende a abertura de um pequeno buraco na posição em

que se prevê a existência de uma peça da estrutura, na expectativa de que a sonda intercepte a estrutura procurada. Caso isso não se verifique, procede-se à abertura de uma série desses furos de forma a identificar a posição do traçado do coletor, de forma a aferir se este recai sobre o caminho indicado nos cadastros. Se mesmo com estas sondagens não se encontrarem as infraestruturas, então passar-se-á para outro troço. A desvantagem desta técnica é que esta só identifica as direções das tubagens entre intervalos das sondas tendo de se considerar esta como constante no intervalo destes. Para além disso, tem o inconveniente de ter de se danificar a superfície, podendo mesmo interferir com o tráfego, e obrigando ainda à consequente reposição das condições existentes no final da intervenção. Durante muitos anos a única forma de realizar sondagens, para além de manualmente, foi escavar com máquinas equipadas com balde, usualmente retroescavadoras. Desenvolvimentos recentes introduziram a escavação por sistemas de vácuo, que utilizam uma combinação de jatos de água a alta pressão ou fluxos ar para cortar o solo. O material remanescente da escavação é então conduzido por vácuo num tubo de sucção para um tanque para posterior tratamento e reutilização como material de enchimento ou eliminação e transporte a vazadouro. [28]

Fig. 13 - Escavação em vácuo [29]

As vantagens destes sistemas são permitir executar, com grande celeridade, furos precisos e de dimensões reduzidas, podendo intercetar as infraestruturas existentes sem risco de causar qualquer dano, o que não acontecia na escavação tradicional, ocorrendo por diversas vezes o corte de outras estruturas existentes.

6.2.2 Rastreio e Mapeamento

Existe uma grande variedade de sistemas de rastreio e mapeamento disponíveis que possibilitam a realização do cadastro de infraestruturas enterradas sem que seja necessário recorrer à escavação.

Estes sistemas, geralmente, baseiam-se na utilização de equipamentos eletromagnéticos para localizar remotamente uma estrutura enterrada. Os principais sistemas eletromagnéticos quando detetam as infraestruturas emitem um sinal, indicando que por debaixo deste se encontra uma tubagem metálica ou cabos. Um sistema com antena de multifrequência identifica os picos de sinal gerado pelas infraestruturas, que pode ser tido como a posição direta acima do serviço em questão ou qualquer

anomalia que possa existir, tal como, mudança de material que pode resultar de uma operação de reparação ou manutenção. Outros sistemas mais desenvolvidos também oferecem a possibilidade de utilizar o sinal para indicar a profundidade das infraestruturas.

Fig. 14 - Radiodetection C.A.T3 (Cable Avoidance Tool)

Estes sistemas têm a desvantagem de não identificar tubos não-metálicos. Para tal, existem dois sistemas alternativos que podem ser utilizados. No primeiro, uma sonda transmissora é conduzida numa haste através do tubo a partir de um ponto de partida conhecido, desde que o acesso a este não interrompa o serviço. A partir deste sinal e de uma antena recetora pode então ser delineada a rede. A outra alternativa a este método é uso de um equipamento de Geo-radar.

6.2.3 Geo-Radar (“Ground Penetrating Radar”)

Se os equipamentos acima descritos não possibilitarem o levantamento no terreno da posição e direção das infraestruturas, então pode recorrer-se à utilização do Geo-Radar. Esta técnica utiliza uma antena emissora de sinais que geram ondas de rádio que penetram no solo, semelhante aos sistemas de radares utilizados na aviação para medir distância ao solo. O sinal sofre reflexão e é rececionado pela mesma antena, que após tratamento informático e experiência dos operadores é traduzido num esquema do perfil das condições existentes no solo. Os primeiros sistemas requeriam uma série de competências e capacidade de interpretação dos resultados garantidas pelo conhecimento e experiência do operador. No entanto, ao longo dos últimos anos, avanços informáticos fizeram com que grande parte da interpretação seja agora assegurada de modo automático pelo equipamento.

Os sistemas de Geo-Radar têm uma grande variedade de formas e capacidades, desde pequenos equipamentos com um único canal de emissão e receção, até unidades multicanal para situações em que se pretenda uma maior resolução para a pesquisa. Dependendo das circunstâncias em que se encontram a ser utilizados, cada um tem as suas vantagens e desvantagens. Um das principais vantagens de qualquer sistema de Geo-Radar é a capacidade de localizar condutas de materiais não metálicos, tais como, tubos de plástico e de betão ou canais em alvenaria.

Fig. 15 - Geo-Radar

Tal como acontece com os sistemas eletromagnéticos, a utilização do Geo-radar permite determinar a profundidade a que se encontram as infraestruturas, permitindo defini-la em 3 dimensões, não se limitando à sua projeção em planta. Após a aquisição da informação no terreno, segue-se um trabalho de tratamento de dados em escritório com vista a obter-se os resultados requeridos. Um dos mais recentes desenvolvimentos nesta área de trabalho tem sido a capacidade de transposição desses resultados diretamente para sistemas de informação geográfica (SIG) ou mapas de cadastros de infraestruturas.

6.2.4 Inspeção no Interior de Infraestruturas

Dependendo das circunstâncias de um determinado projeto, existe normalmente a necessidade/obrigação de se realizar uma pré-inspeção *in situ* de modo a se levantar as condicionantes do espaço de trabalho, bem como, o estado atual do interior das infraestruturas para garantir que a técnica a utilizar se ajusta ou, se necessário, tomar medidas corretivas. Em infraestruturas que permitem a entrada humana, esta inspeção pode ser realizada com um simples percorrer da conduta e levantamento *in situ* do seu estado. Nos outros casos, a inspeção terá que ser realizada com o apoio de um sistema de câmaras de vídeo ("CCTV"). Embora a inspeção e controlo interno das infraestruturas seja, usualmente, um instrumento ativo de gestão em termos de avaliação do estado de uma rede com vista a futuros trabalhos, é também utilizado como uma ferramenta associada a tecnologias de renovação. Nestes termos, tem um papel a desempenhar na determinação do estado do tubo, a fim de assegurar que as condutas estão limpas, livres de qualquer obstrução que possa ter ocorrido desde a última inspeção, tais como, depósito de sedimentos, intrusão de raízes; novas ligações ou até mesmo operações de manutenção que tenham ocorrido. Para se proceder à reabilitação é necessário estabelecer a posição e tamanho das ligações/derivações laterais que, na maioria dos casos, têm de ser restabelecidas no final da intervenção.

Este tipo de pesquisa irá fornecer a quem reabilita, informação suficiente para estabelecer o nível de pré-limpeza, o número de obstáculos, se houver, que será necessário remover e a quantidade de ligações existentes e o tempo necessário para o seu posterior restabelecimento. Em muitos casos, a inspeção por sistemas de câmara de vídeo (CCTV) tem agora um papel pós-obra a desempenhar, bem como, um número crescente de entidades exige uma vistoria pós-instalação para mostrar a situação final. Isto é vantajoso tanto para o proprietário do sistema, bem como, para quem executa a reabilitação, porque assegura a conformidade dos trabalhos e responsabiliza as devidas entidades.

6.3 LIMPEZA E ACONDICIONAMENTO DAS INFRAESTRUTURAS

A limpeza das infraestruturas é provavelmente uma das operações mais importantes de um projeto de renovação. Pode mesmo ser classificada como a mais básica forma de reabilitação. Como a maioria dos sistemas de renovação necessitam que haja aderência entre a tubagem existente e o novo revestimento, a limpeza é, geralmente, o primeiro passo no processo deste tipo de obras. Se um tubo não é adequadamente limpo antes do início do trabalho, há uma maior probabilidade de que a solução não tenha o melhor desempenho e não atinja o tempo de vida útil estipulado. Existem diversas técnicas que permitem a correta limpeza das tubagens. Em instalações que permitem a entrada humana, o método mais comum, é a limpeza manual utilizando jatos de água em pressão e material de fricção, permitindo que maiores obstáculos sejam removidos antes do início de qualquer trabalho de renovação. Em casos onde não é possível ou desejável a entrada humana, outros métodos de limpeza devem ser empregues, tais como, as descritas abaixo.

6.3.1 LIMPEZA A ALTA PRESSÃO

É comum utilizar esta técnica, que emprega a projeção de jatos de água a alta pressão através de cabeças ligadas a bombas à superfície por intermédio de mangueiras, que permitem escoar um caudal de água com a velocidade desejada, libertando o material que tenha aderido às paredes internas da tubagem. Os detritos criados por esta ação, são arrastados através do tubo. Em alguns casos, a pressão dos jatos de água pode ser suficiente para cortar algumas intrusões de raízes. Quando as intrusões de raízes são um problema particular, e o equipamento de limpeza por jatos não é capaz de solucionar, existem robôs de controlo remoto especialmente concebidos que usam muito elevada pressão ou lâminas rotativas (fresas) para o processo de corte.

6.3.2 LIMPEZA MECÂNICA

Quando as tubagens são de dimensões reduzidas ou sofreram qualquer diminuição da secção, como é comum nos sistemas de abastecimento de água, é necessário o emprego de uma técnica mais agressiva de remoção das incrustações. Utilizam-se então dispositivos tipo “raspadores”.

Existem várias formas de aplicação desta tecnologia, mas, em geral, o funcionamento depende da conduta ter dimensão suficiente para passar o cabo de um guincho. Uma vez posicionado, o raspador, é tracionado pelo guincho ao longo da conduta. Por norma, o raspador, é um dispositivo circular de borracha ou de metal, em forma de um escova de aço ou chapa metálica ou de borracha em que a forma pode ou não ter algum tipo de recorte.

Fig. 16 - Raspador Mecânico

O raspador remove qualquer material que se tenha acumulado nas paredes das tubagens. Estes ajustam-se às dimensões dos tubos, fazendo com que, para além de remover, estes arrastam o material para os locais de acesso à rede. Outra forma, para situações mais críticas, é adicionar o movimento de rotação ao de arrasto, que garante que todas as incrustações sejam removidas. Para remoção dos detritos, poder-se-á utilizar jatos de água a alta pressão. Uma das principais desvantagens da raspagem como uma forma de limpeza é devido à sua severidade pode causar graves danos estruturais para o tubo em renovação, existindo casos, em que se teve de alterar a solução inicial por uma que garantisse a estabilidade estrutural da conduta.

6.3.3 LIMPEZA COM DISPOSITIVOS "PIG"

Esta técnica de limpeza utiliza dispositivos em plástico ou em espuma de borracha do tipo "PIG" ("Pipeline Inspection Gauge" ou "Pipeline Intervention Gadget"), que são arrastados ao longo das tubagens por meio de ar comprimido ou água em pressão.

O nome *PIG* deve-se à semelhança comportamental com porcos que entram limpos nos coletores, mas saem sujos no final do trabalho de limpeza. Outra semelhança é que o som que alguns tipos de *PIGs* fazem ao passarem pelo interior da tubagem parecendo um porco grunhindo. Atualmente os *PIGs* são utilizados tanto para limpar como para inspecionar o interior das condutas.

O processo é semelhante ao da limpeza mecânica, em que o dispositivo, à medida que percorre o tubo, vai removendo e arrastando os detritos até aos pontos de acesso. É uma forma de limpeza ligeira, sendo usualmente utilizada como uma técnica de manutenção em linhas de tubagens plásticas, em que pelas características do material o dispositivo têm que ser suave e somente remover pequenas acumulações ou depósito de material pouco aderente às paredes.

Para além da vantagem de permitir limpezas de manutenção, existe uma grande variedade de dispositivos que se adaptam a todos os tipos de tubos e situações.

Fig. 17 - Variedade de PIG's [32]

Atualmente existe uma grande variedade de PIGs. Para além da vantagem de permitirem a limpeza de manutenção, estes dispositivos também executam as seguintes funções:

- Separação de produtos;
- Medição do diâmetro interno;
- Localização de obstruções;
- Remoção de líquidos;
- Remoção de gás;
- Medições da geometria da tubagem;
- Inspeção interna;
- Inibição de corrosão;
- Melhoramento da eficiência do escoamento.

6.4 REDE PROVISÓRIA

Em muitas circunstâncias, mesmo com a utilização de tecnologias sem abertura de vala, é necessário ter secções fora de serviço durante a execução dos trabalhos de reabilitação ou substituição. No caso de redes de drenagem em superfície livre, significa que, a menos que exista capacidade suficiente de armazenamento a montante da obra, é necessário um sistema de *by-pass* e bombagem para assegurar a continuidade do serviço. Em termos de abastecimento de água, a menos que o tempo de execução do trabalho seja muito curto, é necessário criar uma rede provisória de abastecimento domiciliário. Em ambos os casos, a necessidade e o custo associado à prestação de serviços temporários pode ter um impacto significativo na opção técnica de substituição ou renovação a empregar. Esta parcela de custos deve ser tida em linha de conta, desde o início do projeto quer para o planeamento quer para o orçamento da solução possível.

6.4.1 *BY-PASS* E SISTEMA DE BOMBAGEM PARA REDES DE DRENAGEM

Estes sistemas são, geralmente, exigidos quando o trabalho é suscetível de demorar mais tempo do que a capacidade de armazenamento disponível na cabeceira da zona a intervir. Na combinação de tarefas, execução da reabilitação com o sistema de derivação, existe um fator contraditório, se por um lado se reduz o tempo de execução quanto maior for a rede libertada para se poder intervir, por outro, exigirá uma maior instalação de *by-pass* e uma capacidade de bombagem. Assim, dever-se-á fazer uma análise de custo/benefício aquando da delimitação dos tamanhos dos troços a intervir. A monitorização de caudais realizada durante a fase de avaliação das redes indicará os níveis de caudais afluentes e, portanto, estabelecer a capacidade de bombagem necessária. Se esta informação não foi obtida na fase supracitada, então dever-se-á proceder à recolha precisa desses dados antes da seleção de qualquer sistema de bombagem. A estrutura geral do sistema requer isolar devidamente a secção de intervenção do resto do sistema, que continuará a funcionar normalmente. Para tal, tem que se selar e/ou tamponar os extremos do troço, sendo, por vezes, conveniente isolar-se dois troços, a montante e jusante, onde não se irá intervir. O sistema de bombagem é instalado na caixa de visita a montante do trecho, elevando os caudais afluentes para a primeira caixa de visita a jusante do trecho.

Fig. 18 - Bomba Hidráulica [33]

Além disso, uma adequada supervisão e manutenção, consumo de combustível ou energia, o ruído, acessibilidade, controlo de tráfego e perturbações locais, são todos aspetos vitais para o controlo durante a operação, bem como, a necessidade do sistema funcionar 24 horas por dia. Quando os caudais espectáveis são relativamente pequenos, a conduta de *bypass* pode ser instalada à superfície com a

devida proteção. Se o sistema funcionar durante um período significativo de tempo, ou cruzar rodovias importantes, pode haver a necessidade de encontrar um traçado alternativo que garanta a ininterrupção da operação. Se caso contrário, os caudais afluentes expectáveis forem significativos ou existirem francas restrições para a instalação da tubagem de *bypass*, então poderá ser necessário o "corte" da rede em pontos estratégicos de forma a atenuar os efeitos acima referidos.

6.4.2 Rede Provisória de Água

Por vezes, em situações de intervenção em redes de abastecimento tem de se estabelecer uma rede provisória a fim de manter a continuidade do serviço aos clientes. O fornecimento de água aos clientes é garantido por uma tubagem de diâmetro reduzido colocada à superfície ligada a uma das extremidades, e se possível às duas, de forma a garantir níveis satisfatórios de caudais e pressão. As extensões destas linhas têm de ser limitadas porque, mesmo com dois pontos de abastecimento, a perda de carga originada pela secção diminuta pode criar, em horas de maior consumo, queixas por parte dos clientes. Para além desta restrição, é conveniente utilizar forras que protejam o tubo em situações em que este possa estar exposto de forma a evitar danos e possíveis fugas. Para além de não ser necessário um estudo de dimensionamento da linha provisória, deve-se planear antecipadamente, e estabelecer quais as extensões e as possíveis ligações tendo em conta o número de ramais domiciliários englobados nesse troço.

6.5 Segurança e Acessibilidade

As condições de acessibilidade e segurança são dois fatores relevantes a ter em conta em qualquer trabalho, tendo uma maior importância quando se trata de intervir em infraestruturas enterradas. Um dos principais motivos para a utilização da tecnologia sem abertura de vala nos últimos 30 anos tem sido a sua capacidade para reduzir a perturbação para a comunidade. Essa mesma redução pode ser o resultado de duas condições: em primeiro lugar, os trabalhos locais tendem a demorar menos tempo e, segundo, as tecnologias tendem a necessitar menores áreas de operação. Geralmente, o acesso às redes é realizável através de espaços exíguos, com visibilidade reduzida, que requer um estudo da localização dos poços ou das áreas de trabalho ainda na fase de projeto. A definição da implantação destes deve maximizar as condições de segurança, facilitar a circulação de veículos e minimizar as perturbações quer nas infraestruturas adjacentes quer para a sociedade local. Deverá ser dada especial atenção às condições de segurança em situações de escavação fora das horas de trabalho, e a utilização de sinalização adequada e iluminação, sempre que necessário, assim como, prevenir o acesso ao pessoal não autorizado. No caso de determinadas tecnologias, onde os materiais, compostos químicos ou outros, podem ser um potencial perigo, o operador deve ter a instrução necessária para poder manusear os equipamentos de segurança, protegidos com vestuário adequado.

Sempre que é necessário a entrada humana em espaços confinados, a formação e respetiva certificação deveria ser um requisito de quem realize esses trabalhos. Essa formação deve incluir não apenas a utilização de equipamento de acesso, mas também locais de ventilação, aparelhos respiratórios, comunicações e sistemas de monitorização, tais como, detetores de gás, e sistemas de emergência, quando necessário.

Fig. 19 - Equipamento de Segurança na Construção Civil

7
REABILITAÇÃO DE INFRAESTRUTURAS ENTERRADAS

7.1 CONSIDERAÇÕES PRELIMINARES

Nos últimos anos, tem vindo a assistir-se a uma crescente necessidade de intervenção na generalidade das obras de construção civil, como sejam monumentos, edifícios de utilização publica ou privada, obras de arte como pontes e viadutos, acessos ferroviários e rodoviários, e infraestruturas hidráulicas, tais como barragens, estacões elevatórias, reservatórios, condutas, diques e esporões.

Nas últimas décadas, a rápida deterioração das estruturas das obras de arte tem vindo a ser um grave problema técnico e económico em muitos países, incluindo os países mais desenvolvidos. Esta preocupação diz respeito não só às pontes metálicas, que necessitam de proteção anticorrosiva periódica, como também às obras de betão armado que, durante muito tempo, foram consideradas tão resistentes e duráveis que dispensavam qualquer tipo de manutenção ou reparação [35].

Durante muitos anos, subsistia a perceção de que não era necessária qualquer intervenção ao nível das estruturas de betão. Contudo, o envelhecimento natural do próprio material, o aumento de carga sobre as referidas estruturas devido ao aumento de população transeunte no caso de edifícios de utilização pública, ou o aumento de sobrecargas no caso de edifícios de utilização privada ou, ainda o aumento de veículos no caso de vias de comunicação, levam a que todas estas estruturas se deteriorem com o passar dos anos.

Em geral, a tarefa da reabilitação de uma obra de construção civil consiste em quatro fases distintas [35]:

- Fase da Inspeção, antes dos trabalhos de reabilitação.
- Fase da Preparação de um projeto adequado com um sistema de controlo de qualidade das operações principais.
- Fase de Realização de Trabalhos de Reabilitação.
- Fase da Verificação dos trabalhos executados.

Embora o betão seja um material relativamente recente (o início da sua utilização data do início do século XX), cujo uso só teve expansão significativa em Portugal a partir do final da década de 40, a sua influencia tornou-se tão determinante que as técnicas tradicionais consagradas por séculos de experiencia (e.g., estruturas pombalinas, pedra, etc) foram sendo gradualmente abandonadas.

O betão foi encarado durante décadas, sobretudo por engenheiros e construtores, como um material quase milagroso, com capacidades inesgotáveis que advém da sua capacidade para ser moldado e da sua aparente indestrutibilidade. As primeiras décadas do uso do betão permitem, assim, assistir a um desenvolvimento sem paralelo dos estudos acerca do comportamento deste material, com o

aparecimento sucessivo de normas de projeto e de regulamentos que apoiam a conceção e execução das novas estruturas, sucedendo o aparente paradoxo deste material jovem ser o primeiro a merecer um regulamento autónomo para a sua aplicação em estruturas [36].

Apesar do aparecimento de regulamentação na utilização deste material tem-se verificado um deficiente fabrico, aplicação e manutenção do mesmo; dada a crescente procura de betão, não se respeita o *timing* destes três fatores tão importantes para a longevidade das obras de construção civil.

As intervenções efetuadas de forma global, integrando as vertentes construtiva, funcional e estética, levam a resultados que tornam a sua utilização e reabilitação perfeitamente viáveis e interessantes até em termos financeiros, dados os preços elevadíssimos que a construção antiga atinge atualmente [37].

Por todas estas razões, tem-se verificado uma crescente necessidade de aprofundar o conhecimento sobre técnicas de reabilitação em estruturas construídas em betão. No entanto, o betão, tal como não é o único material presente em obras de construção civil, também não é o único material a necessitar de intervenção na área da reabilitação. Existem muitos outros elementos construtivos estruturais (e.g., o aço, a madeira, a taipa e a pedra) e outros não estruturais (e.g., o azulejo, a cal, as tintas e as pedras ornamentais), que necessitam de cuidados especiais na sua reabilitação. Cuidados esses que têm sido objeto de uma atenção cada vez maior por parte dos investigadores e dos projetistas na descoberta de novas técnicas mais eficazes e eficientes para a sua conservação e manutenção.

No caso da presente dissertação, as técnicas de reabilitação estudadas incidem em componentes de sistemas de drenagem de água, como sejam condutas, câmaras de visita, e outros componentes, alguns das quais apresentam o betão como elemento constituinte, mas onde também se encontram, nomeadamente os coletores, outros materiais tais como o ferro fundido, o aço e mesmo materiais plásticos de diferente natureza.

7.2 REABILITAÇÃO DE INFRAESTRUTURAS ENTERRADAS

Para a reabilitação de infraestruturas enterradas é necessário compreender os vários caminhos que se pode percorrer até alcançar a solução mais eficiente para a infraestrutura a estudar e a reabilitar.

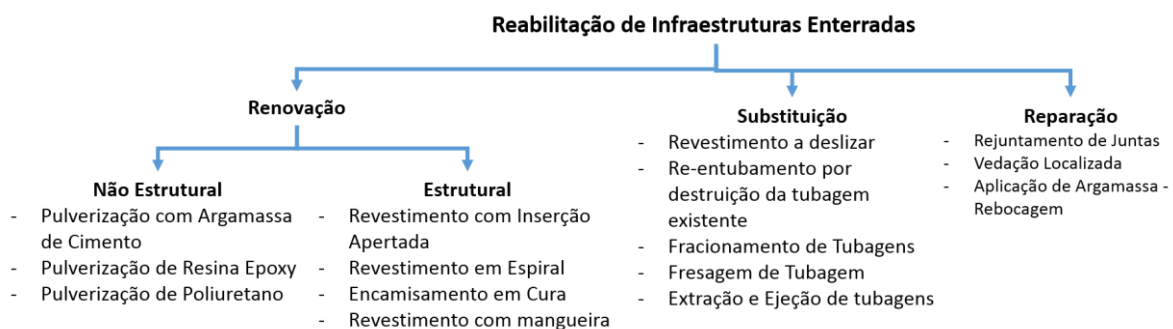



Fig. 20 - Esquema para Reabilitação de Infraestruturas Enterradas

Apresenta-se nos seguintes subcapítulos a definição de cada uma das técnicas apresentadas no diagrama anterior, com particular incidência na reabilitação de coletores.

Considerando que várias das técnicas apresentadas são fruto do desenvolvimento comercial de diferentes processos, fazendo com que a sua designação e definição particular esteja intimamente ligada à empresa que a desenvolveu ou promove, será frequente referir-se a sua designação comercial, usualmente em língua inglesa.

7.2.1 REPARAÇÃO DE INFRAESTRUTURAS ENTERRADAS

7.2.1.1 Reenchimento de Juntas (Joint Grounting)

Esta técnica consegue reduzir a infiltração de água nos coletores e nas câmaras de visita, consequência de juntas defeituosas, pela estabilização e selagem das juntas, com recurso á injeção de argamassa. A argamassa pode ser aplicada sobre uma grande área ou em pontos específicos ao longo da linha principal das juntas que apresentem defeitos. A argamassa utilizada poderá ser uma resina epoxídica ou argamassa de cimento. Em ambos os caso para esta técnica ser viável é necessário, evidentemente, que os troços da rede de drenagem estejam devidamente limpos.

Esta técnica recorre ao uso de “rolhões” insufláveis que posicionados na zona da junta a selar e após serem insuflados, permitem isolar a junta da água residual e assim servir de “molde” á aplicação do material vedante e melhorar as qualidades do processo de selagem, dado isolarem a zona a selar.

Existe uma grande variedade de vedantes químicos que podem ser utilizados com esta técnica. Porém, a argamassa deve ser compatível com o material do coletor e com o solo adjacente à rede de drenagem.

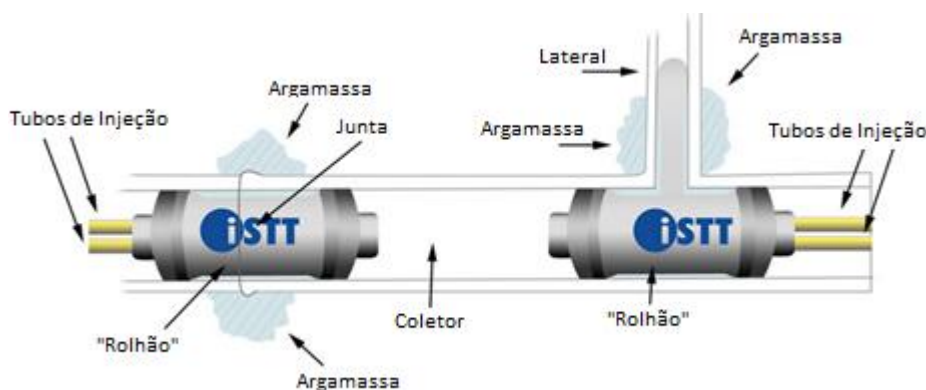



Fig. 21 – Reenchimento de Juntas [41]

Uma vez preenchido, pelo vedante / argamassa, o espaço entre o “rolhão” e a junta, a argamassa de selagem é mantida sob pressão entre o “rolhão” e o solo, até se verificar a completa cura da argamassa. Só depois de a argamassa ter endurecido, é que o “rolhão” é esvaziado e retirado do coletor já reabilitado.

7.2.1.2 Selagem Localizada (Localized Sealing)

Esta técnica de vedação localizada é uma técnica que serve para reparar defeitos nas juntas do coletor ou em curtos trechos ao longo da tubagem, assim como permite selar as ligações aos ramais de ligação. Existem dois tipos genéricos de processos de vedação localizada. Um tipo, comumente chamado de "selo" (joint seal) é usado para vedar juntas defeituosos. Estas juntas de vedação consistem tipicamente em uma manga de borracha, dimensionada para o diâmetro interior da tubagem e fixado através de anéis de fixação de aço inoxidável ou aros cilindros. O segundo tipo de vedações localizadas é usada para selar as conexões com os ramais de ligação. Esta técnica utiliza uma junta de tecido impregnado com resina, que é curado a temperatura ambiente ou por meio de vapor ou de luz UV.

Estes sistemas de vedação localizada estão disponíveis numa ampla gama de tamanhos para reparação de tubos de diversos diâmetros. As mangas para a realização de vedações localizadas, em tubos de grande diâmetro, são normalmente instaladas manualmente. Esta técnica serve igualmente para a reparação de coletores de menores diâmetros, recorrendo, para o posicionamento da manga e realização do processo, ao uso de um robô controlado remotamente ou de um posicionamento por guincho.

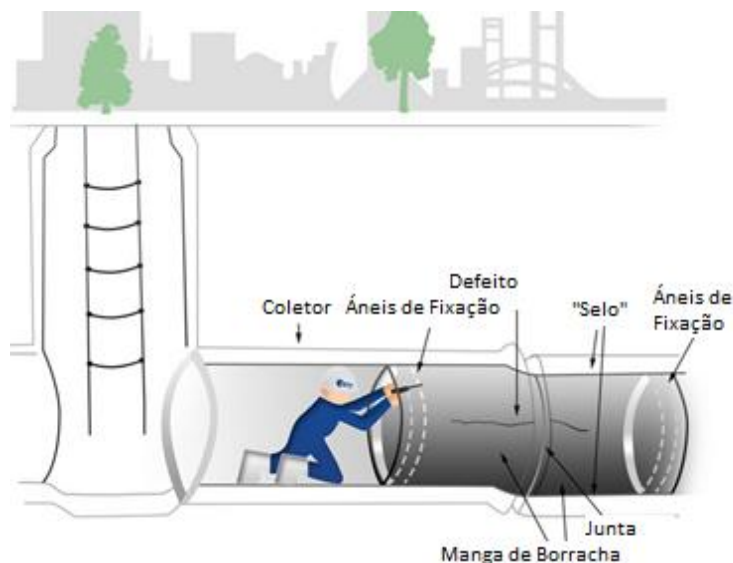



Fig. 22 – Selagem Localizada [41]

7.2.1.3 Aplicação de Argamassa – Rebocagem (Flood Grounting)

A utilização de um processo de rebocagem é um dos procedimentos adequados á reparação de tubagens, conseguindo a colmatação e selagem de fissuras e juntas defeituosas. O objetivo consiste em reduzir ou eliminar as infiltrações na rede de drenagem.

Nesta técnica, o trecho a ser rebocado é isolado com recurso a “rolhões” pneumáticos. O coletor é totalmente inundado (daí o termo “flood grounting”) com a primeira de duas soluções químicas, a partir de uma câmara de visita ou ponto de acesso. A pressão a que esta solução química é submetida obriga-a a preencher os espaços decorrentes da fissuração no coletor, assim como outras pequenas aberturas existentes ao longo da parede do coletor. De seguida esta primeira solução química é retirada, por bombagem, deixando as fissuras e, em especial, o solo envolvente imediatamente em contacto com a fissura, impregnado deste material.

De seguida, o trecho do coletor em reparação é novamente inundado, por uma segunda e distinta solução química, a qual reage rapidamente com a primeira, formando um tipo de argamassa que consolida o solo em torno dos defeitos. Após a conclusão da reação entre as duas soluções químicas, esta segunda solução é bombeada, permitindo a entrada em serviço do trecho ora reparado.

Fig. 23 – Aplicação de Argamassa - Rebocagem [41]

7.2.2 Substituição de Infraestruturas Enterradas

7.2.2.1 Revestimento Deslizante (Slip Lining)

Talvez, a mais antiga de todas as técnicas de substituição de coletores sem recurso a abertura de vala. Esta técnica recorre à inserção de um novo tubo, instalado dentro da tubagem existente e com patologias. Sob as condições corretas esta é a técnica mais simples. Um novo tubo, com uma dimensão exterior naturalmente menor do que a dimensão interior do tubo hospedeiro, é empurrado para dentro do tubo existente. O tubo de acolhimento deverá, idealmente, não ter grandes irregularidades na sua face interior para permitir o melhor deslizamento possível da nova conduta. Haverá, assim, frequentemente que desenvolver processos preliminares de remoção de incrustações, saliências e outros defeitos patentes nas paredes interiores da tubagem existente. Esta técnica pode ser aplicada de forma contínua ou por segmentos.

As tubagens em PEAD e PVC são os mais usados para este tipo de revestimento interno. A nova tubulação é inserida a partir de um local de acesso, sendo então inserida por ação de um dispositivo hidráulico. A continuidade da nova tubagem é assegurada pela realização de um processo de soldagem entre os diferentes segmentos da conduta que vão sendo inseridos.

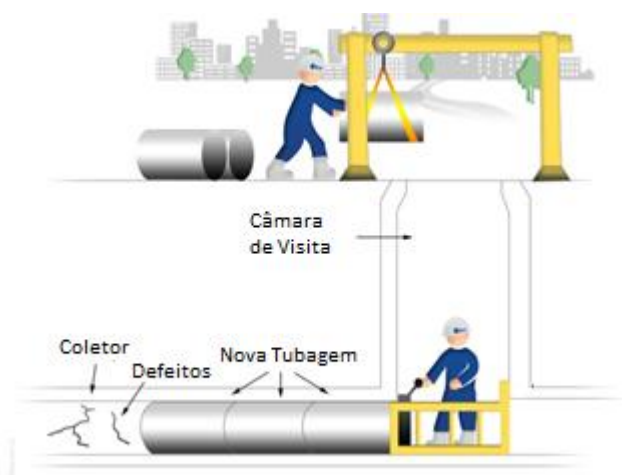



Fig. 24 – Revestimento Deslizante [41]

7.2.2.2 Re-entubamento por destruição da Tubagem Existente (Pipe Bursting)

Descrição

O processo de re-entubamento por destruição da tubagem existente, também designado por *pipe bursting* [38] ou *burst lining* [39], consiste na introdução de uma nova conduta, do mesmo ou maior diâmetro, no interior da conduta existente. Com recurso a um guincho, é puxado a partir de um dos extremos do trecho a renovar, um cone metálico, o qual leva com ele a nova conduta a instalar. À medida que este cone vai avançando, vai destruindo a conduta original.

Fig. 25 - Técnica pipe bursting: pormenor do processo de destruição da tubagem [38]

Procedimento de aplicação

No processo de rebentamento para re-entubamento contínuo, uma unidade de avanço é impulsionada por ar comprimido para o interior da velha conduta, ao mesmo tempo que é puxada através desta por um cabo.

Fig. 26 - Técnica pipe bursting: (a) ponteira de ataque; (b) início do processo de rebentamento da tubagem existente; (c) poço de ataque aberto para instalação da ponteira

A conduta existente é assim destruída e os seus fragmentos são expandidos lateralmente para o solo circundante. A conduta nova é diretamente puxada pela unidade de avanço. Estas intervenções podem ser realizadas a partir das caixas de visita, ou de poços de acesso especificamente abertos para esse efeito.

Existem dois tipos de avanço da unidade:

- Avanço por rebentamento dinâmico: o martelo de expansão avança por meio de ar comprimido. A energia cinética do pistão de percussão destrói a conduta obsoleta e, simultaneamente, faz progredir o cone e a nova conduta.
- Avanço por rebentamento estático: o cone avança por meio de pressão hidrostática controlada a partir de um mecanismo de expansão.

Vantagens e inconvenientes

Com este método;

- Conseguem-se efetuar avanços na instalação relativamente rápidos ao longo de grandes extensões, e de uma só vez (mais de 1500 m);
- É o processo ideal para situações em que se necessita de um aumento do diâmetro da conduta ou de substituição por um material que tenha maior resistência a compressão diametral;
- É um processo que se torna economicamente mais viável, quanto mais funda estiver implantada a conduta, quando não é possível abrir valas ou quando os solos são instáveis requerendo entivação.

No entanto, este processo:

- Provoca algumas vibrações e ruído, o que em certos locais urbanos (e.g. junto a hospitais) ou rurais (e.g. zonas protegidas) pode não ser o mais aconselhável;
- Pode provocar perturbações no terreno ou em tubagens adjacentes e obriga a abertura de poços de ataque de alguma extensão, facto que pode não ser exequível em zonas urbanas.

7.2.2.3 Corte Longitudinal de Tubagem (Pipe Slitting)

Esta técnica, também designada por Fracionamento de Tubagem, é utilizada para destruir tubagens de materiais não frágeis, tais como o aço, o PVC, o polietileno, o aço inoxidável ou o ferro fundido dúctil. O sistema é semelhante ao do rebentamento estático, diferindo o meio de destruição da tubagem. Neste processo utiliza-se um "divisor" em detrimento da cabeça de rebentamento. O "divisor" corta a parede da tubagem ao longo da linha da soleira, e expande-a contra os solos circundantes. Tal como no rebentamento, o divisor é puxado ao longo da tubagem por meio de um cabo em aço ou por um conjunto de varas. O divisor é constituído por três partes [33]:

- Um par de roletes de corte que realizam o primeiro corte;
- Uma lâmina em forma de vela que prolonga o corte da tubagem;
- Um expansor que empurra a tubagem na direção dos solos circundantes, e que devido à sua forma cónica garante o alinhamento e centralidade do conjunto.

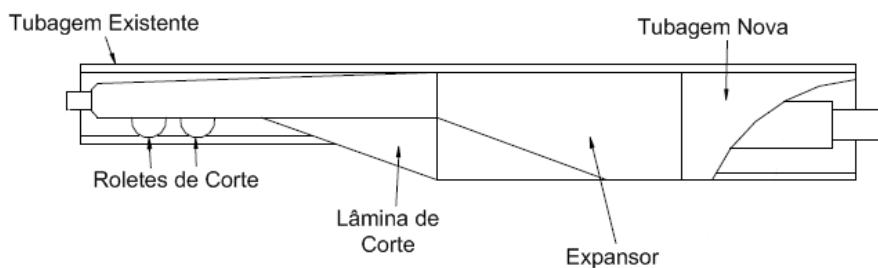



Fig. 27– Instrumento de Corte Longitudinal [33]

A superfície do expansor é lisa de forma a evitar que se gerem forças de atrito significativas, que possam causar forças de tração elevadas ou até mesmo o arrastamento da tubagem existente juntamente com o dispositivo de corte. A nova tubagem é protegida e ligada ao expansor, sendo esta instalada simultaneamente com o corte da tubagem. Após a passagem do divisor, o remanescente da tubagem existente serve como um forro para a nova conduta. [33]

7.2.2.4 Fresagem da Tubagem (Pipe Reaming)

A reabilitação de condutas por fresagem é, à semelhança do "Pipe Eating", a alteração de uma técnica de instalação de condutas sem abertura de vala, particularmente a perfuração horizontal dirigida. Inicialmente a broca piloto é inserida na tubagem existente. De seguida, o dispositivo de fresagem é ligado à broca e tracionado juntamente com a nova tubagem ao longo da existente no sentido inverso ao da inserção. O dispositivo de fresagem possui dentes de corte que trituram o material. Os detritos das tubagens, bem como o material resultante de um possível aumento de tamanho, são transportados juntamente com o fluido da perfuração até aos pontos de acesso, onde são recolhidos por bombagem ou vácuo.

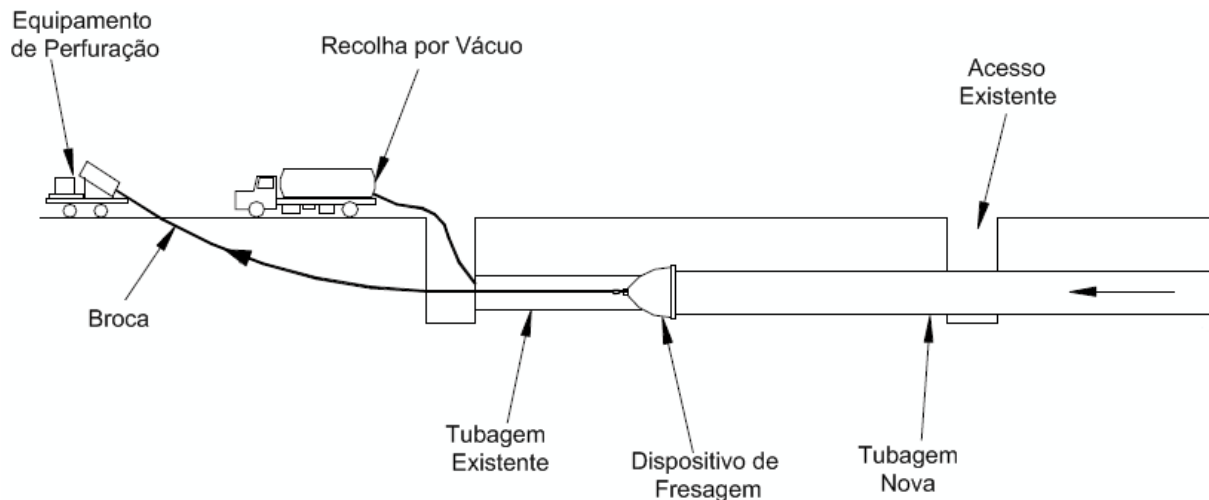



Fig. 28 - Fresagem da Tubagem [33]

7.2.2.5 Extração e Ejeção de Tubagens (Pipe Ejection / Extraction)

Nos sistemas de substituição de tubagens por ejeção (Cravação de Tubagem Alterada) ou extração (Rebentamento Estático Alterado), a infraestrutura existente é removida integralmente sem sofrer qualquer destruição propositada. Esta é arrastada até aos locais de acesso onde pode ser destruída, ou simplesmente recolhida. Estes processos são aplicáveis a tubagens com capacidade de resistir aos impulsos de tração e compressão. As secções a substituir são de comprimentos reduzidos de forma a evitar que se gerem forças de atrito tais que impeçam a retirada da tubagem. Na ejeção de tubagens recorre-se a uma plataforma semelhante à utilizada para a cravação de tubagens, onde a nova tubagem é inserida por troços que deslizam nessa plataforma e empurram a tubagem existente. Em simultâneo, a tubagem é puxada por um sistema de tração semelhante ao utilizado no rebentamento de tubagens. A combinação destes dois efeitos faz com que a conduta existente seja removida até um local acessível.

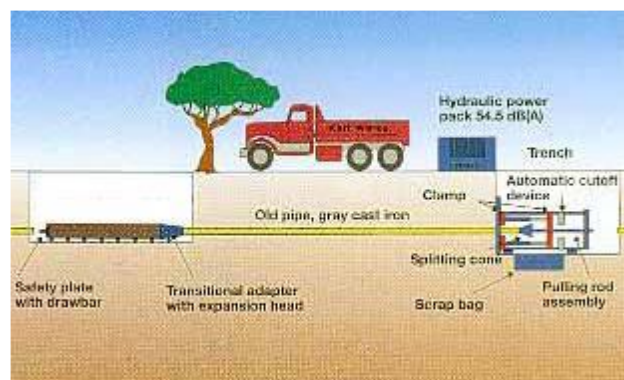



Fig. 29 - Extração e Ejeção de Tubagens

Na técnica de extração de tubagens, o tubo existente é empurrando enquanto a nova tubagem é arrastada em simultâneo. Como já foi referido, funciona de modo idêntico ao rebentamento estático, na qual o equipamento de ativação hidráulica transmite uma força de tração a um conjunto de varas (ou cabo de aço), que por sua vez está ligado a uma cabeça que percorre a tubagem existente. A Figura. 30 esquematiza o equipamento utilizado na extração de tubagens, nomeadamente um pormenor do dispositivo que empurra e traciona as tubagens.

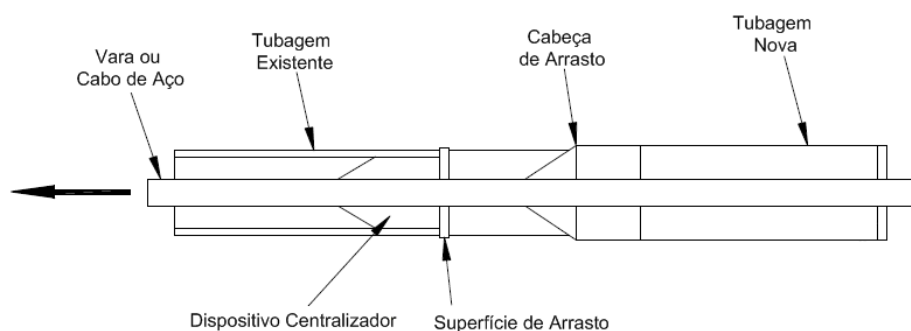



Fig. 30 - Equipamento utilizado na extração de tubagens

7.2.3 Renovação de Infraestruturas Enterradas

7.2.3.1 Estrutural

Consideram-se aqui métodos de renovação da tubagem que utilizam a estrutura do tudo a reabilitar para servir de base /involucro para a nova tubagem.

7.2.3.1.1 Revestimento com Inserção Apertada (Close-fit Sliplining)

Neste caso é realizada a inserção da nova tubagem, ainda sem a forma circular final, sendo posteriormente, por ação de diferentes processos, levada a expandir e ajustar-se ao interior da conduta existente. Haverá assim um perfeito contacto e ajuste da nova conduta à conduta existente e daí o nome do processo - "close-fitlining" ou "modified sliplining". Esta técnica é o desenvolvimento lógico da técnica de encamisamento descrita na secção anterior.

A tabela 7.1 sumariza as principais condicionantes em operações de reabilitação e distingue quais as possíveis de serem solucionadas com a aplicação destas técnicas.

Tabela 7. 1 - Principais Condicionantes em Close-fit Sliplining

Situação	Aplicabilidade	Comentário
Redes de drenagem	Sim	Pode ser aplicado, contudo não é a solução mais indicada
Redes de abastecimento de água	Sim	Desde que o material constituinte da nova tubagem esteja de acordo com as especificações para o material em contacto com a água
Redes de abastecimento de gás	Sim	
Condutas de produtos químicos ou industriais	Sim	Desde que o material da nova tubagem seja compatível com os químicos transportados
Diâmetros reduzidos	Sim	
Condutas com curvas	Sim	A aplicação é limitada, especialmente em grandes diâmetros. As curvaturas limitam a extensão em que o tubo pode ser inserido
Secção circular	Sim	

Seção não-circular		Aplicável sempre que a capacidade de reversão da tubagem permita.
Variação de secção	Possível (ver comentário)	Aplicável para ligeiras variações
Ligações laterais	Sim	Geralmente as ligações são previamente colocadas a descoberto. Também é possível restabelecer as ligações remotamente com fresas mecânicas acopladas a um robô, contudo é um processo bastante complicado.
Condutas com deformação	Possível (ver comentário)	Aplicável a pequena deformação
Escoamentos em pressão	Possível	
Condutas que permitem a entrada humana	Sim	Alguns sistemas são destinados a reabilitação de grandes diâmetros, contudo esta solução pode ser demasiado dispendiosa

Princípio e classificação dos Métodos

O princípio deste método é utilizar tubagens em polietileno ou em PVC com um diâmetro externo original entre 3% a 5% superior ao diâmetro interior da tubagem e reduzir, temporariamente, o diâmetro de forma a inseri-lo na conduta existente. Assim que esteja corretamente posicionado, procede-se à reposição da sua forma e tamanho original, para formar uma nova tubagem solidarizada com a existente. Este método pode ser classificado segundo:

- O método de redução diametral (Simétrico ou por Dobragem)
- O método de reversão da forma. (Natural, calor, pressão)
- O tipo de material (polietileno ou PVC)

A Tabela 7.2 sumariza os métodos existentes.

Tabela 7. 2 - Métodos de Deformação de Tubagens

Método de Redução		Material	Ø Min (mm)	Ø Max (mm)	Classe de Pressão (bar)	Principal Aplicação
Simétrico	Tensão	PE80/100	75	1000	16	Pressão
	Compressão	PE80/100	100	500	10-16	Pressão
	Sem redução	PVC/MOPVC	100	900	10	Pressão
Dobra e Forma	Dobrado “in situ”	PE80/100	75	1600	6	Pressão
	Dobrado em Fábrica (calor)	PE80/100	100	500	10	Pressão e S.L.
		PVC	150	500	N/A	S.L.
			100	600	16	Pressão
	Dobrado em Fábrica (frio)	PE	100	300	N/A	Pressão
	Dobrado em Fábrica (calor)	PE reforçado com poliéster	70	200	Out-16	Pressão

Redução Simétrica

Este processo envolve a redução temporária do diâmetro de uma tubagem de polietileno que é empurrada ou puxada ao longo de uma prensa, que através da passagem por rolos sucessivos reduz o diâmetro da tubagem. A secção transversal é estreitada até a inserção da tubagem e posterior reposição. Este processo pode ser subdividido em sistemas que funcionam com base numa ação de tração ou com base numa ação de compressão, dependendo de qual a fonte utilizada para deformar a tubagem.

Em sistemas baseados no esforço de tração a tubagem é puxada da prensa diretamente para a tubagem existente. A redução do diâmetro é mantida através da tensão criada pelo sistema de tração. Assim que esteja posicionada, a tubagem é libertada do guincho permitindo que esta aumente de dimensão até ao seu diâmetro original ou até ficar ajustada com a tubagem existente. A Figura 31 exemplifica um equipamento tipo utilizado na redução da tubagem.

Fig. 31 - Equipamento utilizado na redução de tubagem

Desenvolvimentos nessa técnica, introduziram o PVC para sistemas sob pressão com um diâmetro externo 10 a 20% menor que o diâmetro interior da tubagem existente. Após a inserção o tubo é expandido por calor e pressão até se ajustar. Durante o processo de expansão dá-se uma reformulação da orientação molecular que aumenta a capacidade resistente da nova tubagem.

Esta técnica pode ser aplicada para a completa renovação de um sistema sob pressão, bem como para revestimentos não-estruturais de paredes delgadas para a proteção contra a corrosão e colmatação de fendas. Em geral, a gama de diâmetros de aplicação varia entre os 100 e os 600mm, permitindo descrever ligeiras curvas.

Devido às limitações de redução da dimensão da secção, esta técnica é mais adequada para redes sob pressão do que para redes de drenagem, que apresentem significativas irregularidades ao longo das suas paredes.

Em sistemas que reduzem o diâmetro a partir da compressão, a tubagem é empurrada ao longo de apertados rolos circulares. A redução de diâmetro está associada ao aumento da espessura da parede, que é mantida até a reversão das dimensões por pressão da água no interior. Este facto permite que a redução e a introdução da tubagem possam ser realizadas em momentos e locais distintos.

Redução por Dobragem

Este sistema é usualmente designado por “Fold and Form Pipe”, e consiste na dobragem das tubagens com forma circular em tubagens em forma de “C” (Fig. 32) ou “U” (Fig. 33) para que possam ser instaladas nas tubagens existentes. As tubagens que permitem a sua dobragem estão disponíveis para os

dois tipos de escoamento, em que, o polietileno é aplicado em sistemas sob pressão e o PVC em sistemas com escoamento em superfície livre.

Em alguns sistemas a tubagem é dobrada em fábrica e fornecida em bobinas no local dos trabalhos. É então arrastada ao longo da tubagem existente. As tubagens em polietileno podem ser revertidas apenas por pressão, enquanto as tubagens em PVC necessitam de calor para que revertam até se ajustarem à tubagem existente que então servirá de molde. Estão disponíveis sistemas que permitem a dobragem das tubagens em polietileno "*in situ*" com gamas de diâmetro até os 1600mm. As tubagens dobradas em fábrica estão disponíveis até diâmetros de 450 mm.

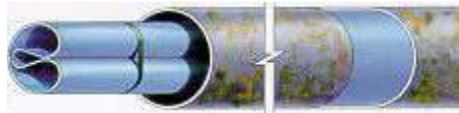



Fig. 32 - Tubagem dobrada em forma de "C" [33]

Como alternativa à tubagem previamente dobrada em fábrica existe um sistema que realiza a dobragem *in situ* em tubagens de paredes delgadas puxadas ao longo de equipamento que molda a conduta para a forma desejada. Esta técnica utiliza tubagens de polietileno *standard*, que é introduzido na tubagem existente após a passagem num molde com a forma de "C" ou "U". Para que a forma se conserve até que esteja instalada, a tubagem é amarrada nas extremidades com uma cintas, que são retiradas para que se reverterem as dimensões. É possível instalar tubagens com comprimentos até 1000 m.

Antes da introdução, as tubagens de PVC são aquecidas para aumentar a flexibilidade, e, uma vez instalados, são aquecidas internamente de forma a criar uma temperatura uniforme ao longo do material. A reversão pode ser obtida progressivamente pelo avanço de um dispositivo semelhante aos dispositivos de limpeza tipo "PIG". O seu movimento é acionado pela pressão exercida pelo vapor de água. Ao longo da progressão o dispositivo expande a tubagem dobrada contra as paredes da conduta existente, e expulsa qualquer vazio que se possa ter formado entre as tubagens. Quando flexível, a tubagem molda-se às formas existentes, e usualmente forma uma cavidade nas ligações laterais. A tubagem é mantida sob pressão até que esta atinja o estado rígido. Após isso, as extremidades são cortadas e as ligações laterais restabelecidas. Uma instalação típica leva cerca de 5 horas para que seja totalmente executada. De notar que a infiltração de águas existentes no solo pode afetar a capacidade da tubagem se adaptar às formas existentes, e a aplicação de outra solução de reabilitação pode ser desejável nestas circunstâncias.

Fig. 33 - Tubagem de PVC (Esquerda, dobrada em "U") (Direita, aspeto após adesão) [33]

Estas tubagens em PVC estão disponíveis numa gama de diâmetros que varia entre os 100 e os 350 mm, e são feitas de um tipo de PVC modificado que permite a dobragem e a posterior reversão da forma. O grau de alteração varia muito entre produtos diferentes. Alguns apresentam um módulo de flexão relativamente alto entre 2 e 2,5 GPa, enquanto outros produtos alterados só atingem valores entre os 0,9 e os 1,1 GPa, valores semelhantes ao do polietileno. Este facto deve ser tido em linha de conta na fase de conceção e dimensionamento.

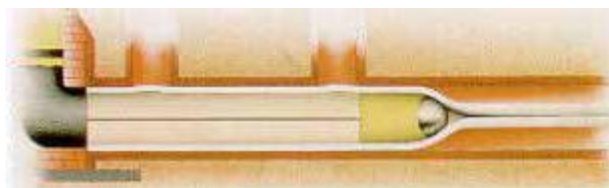



Fig. 34 - Expansão da Tubagem em PVC [33]

Para renovação de sistemas de pequenos diâmetros com níveis de pressão adequados aos do polietileno, podem ser renovadas com recurso a este material composto por ligas cruzadas (PE-X) em que as propriedades incluem o efeito de “memória” da forma. Este permite uma redução considerável (até 25%) do diâmetro inicial, o que possibilita passagem deste em zonas exíguas, tais como ligações ou derivações defeituosas. Para além disso, estes podem ser enrolados em bobinas e fornecidos em comprimentos consideráveis. Após a inserção, a tubagem é aquecida utilizando um dispositivo que liberta ar quente, ativando a “memória” da forma e fazendo com que esta se reverta até ao tamanho original. A tubagem expande, moldando-se às formas existentes, assim como a ligações ou outras intrusões que possam existir. Isto permite que todos os pontos de derivação da rede possam ser posteriormente ligados convenientemente através de acessórios electrossoldáveis. Em renovação de redes de distribuição de água, os sistemas disponíveis compreendem a utilização de uma tubagem tipo “manga” de poliéster. Esta tubagem flexível é dobrada em forma de “C” antes de ser inserida na conduta a reabilitar e insuflada com recurso a vapor de água a baixa pressão. No final do processo obtém-se uma fina parede que reveste a tubagem existente, que pode suportar pressões até 23 bar (230 m.c.a.) em função do diâmetro em questão. A gama de aplicação varia entre diâmetros de 70 a 200 mm, e comprimento de instalação até 200 m. Este sistema permite descrever ligeiras curvaturas.

7.2.3.1.2 Revestimento em Espiral (Spiral Wound Lining)

Introdução

O processo de aplicação de revestimentos em espiral inclui os métodos de aplicação de revestimentos *in situ* ou até mesmo da construção de um novo tubo. Geralmente, o acesso é realizado a partir de locais já existentes, tais como câmaras de visita, que reduzem ou eliminam a necessidade de escavação para se aceder à rede. Por norma, as faixas que irão formar o revestimento são em PVC fornecidas em bobinas (Fig. 35). De forma a aumentar a sua rigidez, as faixas em PVC são nervuradas com elementos metálicos em forma de “T” como exemplificado na Fig. 36. Em alguns sistemas a conexão entre as sucessivas faixas helicoidais é através de engates automáticos que garantem a estanqueidade da junta, enquanto outros sistemas necessitam de aplicação de um revestimento no local da união para que esta se torne impermeável.

Fig. 35 - Bobina em PVC [33]

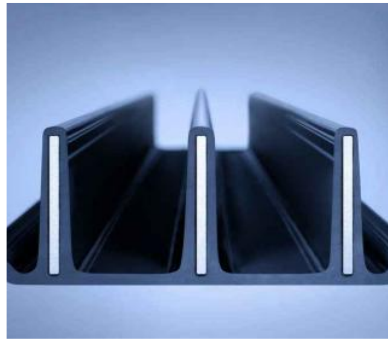



Fig. 36 - Corte Transversal da Banda de Revestimento em PVC [33]

Este tipo de técnica pode ser visto como a mistura e melhoramento de duas técnicas já descritas neste trabalho. Numa primeira análise pode ser visto como um entubamento em que o revestimento em espiral é inserido na tubagem existente e o espaço anular á preenchido com argamassa. Em segundo, esta técnica pode ser vista como uma inserção apertada de uma tubagem deformada, em que o revestimento pode se ajustar por completo à forma da conduta a reabilitar. Existem dois métodos de instalação que podem ser aplicados. Um utiliza um equipamento que forma o revestimento com a forma da tubagem existente, enquanto a alternativa é feita manualmente em redes que permitem o acesso humano. Por norma, o primeiro aplica-se em tubagem de diâmetros reduzidos, não implicando que não possa ser aplicada em tubagens de maior diâmetro. Por tal a sua gama de diâmetros varia entre os 150 e os 1800 mm, enquanto no método manual a gama varia entre 1200 e 3600 mm. Desenvolvimentos recentes introduziram faixas em polietileno em detrimento do PVC. Após conectadas, as junções entre bandas são electrossoldadas garantindo uma alta resistência à água. As bandas são reforçadas com elementos em aço que são introduzidos dentro do polietileno.

Instalação Mecânica

Neste método o revestimento é inserido na tubagem existente através de um equipamento de funcionamento hidráulico, usualmente posicionado numa câmara de visita ou num pequeno local de acesso previamente escavado, como se vê na Fig.37. O revestimento é inserido de forma helicoidal, estando o seu comprimento máximo limitado à fricção entre este e as paredes e ao peso de revestimento que o equipamento consegue rodar. Para se atenuar estes efeitos recorre-se à flutuação do revestimento.

Fig. 37 - Equipamento de Inserção [33]

Existe uma alternativa de equipamento de inserção. Este percorre a tubagem simultaneamente com a colocação do revestimento, o que elimina o problema da capacidade máxima de revestimento capaz de rodar. Este equipamento tem como grande vantagem a capacidade de reproduzir vários tipos de forma, ajustando-se por completo às paredes da tubagem existente. Este é capaz de revestir secções ovais e até mesmo secções retangulares. As Fig. 38 e Fig. 39 exemplificam um equipamento tipo utilizado.

Fig. 38 - Equipamento de Inserção com Avanço (dentro da tubagem) [33]

Fig. 39 - Equipamento de Inserção por avanço (fim da tubagem) [33]

Após a instalação, o espaço anelar é preenchido da mesma forma que no entubamento, em que as nervuras proporcionam uma perfeita adesão e transmissão de esforços entre a nova e a tubagem deteriorada.

Instalação Mecânica Apertada

Alguns sistemas de instalação mecânica de revestimentos em espiral aplicados em sistemas de drenagem em superfície livre, possibilitam a introdução de uma tubagem que expande devido ao movimento de rotação, e se ajusta à tubagem existente. Durante a instalação, e devido a um sistema de bloqueio, a tubagem é somente desenrolada ao longo da conduta existente. Assim que esteja posicionada, o equipamento continua com o movimento de rotação que faz com que os sistemas de engates e patilhas se encaixem, desenrolando a tubagem, ou seja, aumentando o diâmetro até que se adapte às paredes da tubagem existente. A Fig. 40 esquematiza o modo de instalação de tubagem em espiral.

Fig. 40 - Instalação Mecânica em Espiral Apertada [33]

Tal como acontece com outros sistemas em espiral, este permite que durante a instalação, caudais reduzidos se possam escoar no espaço entre a parede interior da tubagem e a parede exterior do

revestimento, dispensado a necessidade de bombagem ou derivação de afluentes. Após a instalação e adesão do revestimento às paredes é essencial que se sele o espaço anelar, bem como as ligações de forma a obter um sistema estanque. As propriedades estruturais do revestimento são concebidas em função do próprio método de aplicação, contudo, em geral, estes apresentam uma resistência reduzida aos carregamentos externos.

Instalação Manual

Os revestimentos aplicados manualmente utilizam material semelhante ao empregado na instalação mecânica, sendo concebidos para uma fácil aplicação em diâmetros de grandes dimensões.

Fig. 41 - Revestimento em Espiral com Instalação Manual [33]

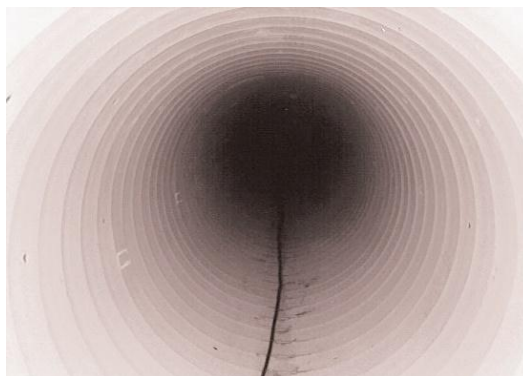



Fig. 42 - Aspeto Final do Revestimento em Espiral [33]

As bandas em PVC são introduzidas pelo local de acesso (e.g. câmara de visita) a partir da superfície juntamente com as juntas para selar as uniões. Os operadores moldam manualmente o revestimento adequado ao diâmetro, bem como à forma da secção, inserindo as bandas em espiral à medida que avançam (Fig. 42). A vantagem deste sistema é que permite corrigir ou diminuir qualquer defeito ou deformação que a tubagem possa apresentar, o que facilitará a o processo de enchimento do espaço anelar. No final da operação, as condutas reabilitadas apresentam um aspeto semelhante ao da Fig. 43.

7.2.3.1.3 Encamisamento em Cura (CIPP Lining)

A principal alternativa para o entubamento (sliplining) e suas variantes é a cura no local dum novo tubo, por vezes referido como “in situ lining”, “soft lining” ou "cured-in-place-pipe” (CIPP), que tem sido, desde há 30 anos, a técnica de reabilitação com maior aplicação em redes de esgoto que não permitem a entrada humana. A Tabela 7.3 resume os principais sistemas existentes, embora seja de salientar que

nem todos os fornecedores de tais sistemas utilizem estes termos. Apesar de vários sistemas estarem atualmente disponíveis, a característica comum é a utilização de uma manga de tecido impregnada com poliéster ou resina epoxy. A manga é inserida no tubo já existente e insuflado contra a parede do tubo e, em seguida, curado ou à temperatura ambiente ou, mais usualmente, com exceção para pequenos diâmetros, por recirculação de água quente ou de vapor. Algumas variantes utilizam luz ultravioleta para cura da resina. A inserção da manga é conseguida de duas maneiras possíveis. Uma é inverter a manga no tubo usando ar comprimido ou água, o que automaticamente empurra a resina contra a parede do tubo. A outra forma é puxar a manga por meio de um guincho através do tubo, insuflando-a uma vez que esta esteja corretamente posicionada. A diferença entre as duas técnicas é que na primeira opção não existe normalmente qualquer movimento relativo entre o material de revestimento e a parede do tubo durante a instalação, enquanto na segunda, há o potencial movimento entre a parede do tubo e o material de revestimento podendo causar danos, a menos que se utilize uma folha de proteção ou uma pré-manga O restabelecimento das ligações laterais pode ser efetuado através de um robô comandado remotamente, sendo necessário garantir que durante a operação de encamisamento não se acumule resina nas tubagens laterais, que pode dificultar a ligação. Existem atualmente sistemas que possibilitam também o encamisamento das ligações laterais a partir da conduta principal.

Tabela 7. 3 - Principais sistemas existentes em CIPP Lining

Material da Manga	Tipo de Cura	Resina	Regimes de Escoamento	Observações
Feltro de Poliéster	Calor e Ambiente	Poliéster, vinilester, epoxy	Superfície Livre	Sistema original, continua a ser o mais utilizado
Feltro de Poliéster reforçado com fibra de vidro	Calor	Vinilester, epoxy	Em Pressão	Semi e completa reabilitação estrutural
Tecido Reforçado estruturalmente com fibra de vido	Calor	Poliéster, vinilester, epoxy	Superfície Livre e em pressão	Permite pequenas espessuras para escoamentos em superfície livre
	Luz U.V.	Especial	Superfície Livre	Espessura reduzida e rápida cura
Tecido Circular de fibras de Poliéster	Calor e Ambiente	Epoxy	Em Pressão	Semi estrutural dependente da adesão
Feltro mais tecido circular	Calor	Epoxy	Em Pressão	Semi estrutural não dependente da adesão
Tecido circular mais feltro de poliéster reforçado com fibra de vidro	Calor	Epoxy	Em Pressão	Completamente estrutural

Nestes sistemas, a nova tubagem ganha forma dentro da existente. Esta tem uma resistência estrutural quantificável, podendo ser dimensionado para se adaptar a diferentes condições de carga. A rigidez é reforçada pelo facto de esta estar restringida pela tubagem existente e pelo solo circundante.

Para além de minimizar a redução de diâmetro, estes métodos apresentam a vantagem de se adaptarem a uma grande variedade de formas de tubagem, tornando possível reabilitar secções não-circulares. Sendo apenas necessária uma correta medição do perímetro e a utilização de materiais que não retraiam significativamente durante a cura. Em casos de tamanhos significativos, condições severas de cargas e secções não-circulares, a espessura das paredes necessária pode ser tão significativa, que a quantidade de material e consequentemente o preço possa limitar a sua aplicação e se opte por outra solução. A

principal desvantagem destes sistemas é a necessidade de interromper o serviço durante a instalação e cura, obrigando que em casos de redes de drenagem sem capacidade de armazenamento ou, duma rede de abastecimento, tenha que se recorrer a sistemas *bypass* ou redes provisórias para assegurar o serviço aos clientes. Esta necessidade irá encarecer esta solução em termos técnicos e subsequentemente aumentar o custo desta.

Aplicação

A Tabela 7.4 resume o campo de aplicação desta solução de reabilitação.

Tabela 7. 4 - Campo de Aplicação da Técnica CIPP Lining

Situação	Aplicabilidade	Comentário
Redes de drenagem	Sim	
Redes de abastecimento de água	Sim	Para o abastecimento de água potável existem uma grande restrição nos materiais que possam ser utilizados. O encamisamento recorrendo à cura no local não tem como principal propósito a renovação destas redes, contudo existem alguns matérias que foram concebidos para este fim
Redes de abastecimento de gás	Sim	Alguns destes sistemas foram desenvolvidos com o interesse de aplicá-los a estas situações.
Condutas de produtos químicos ou industriais	Sim	É necessário uma correta formulação da resina para resistir à agressividade dos efluentes e/ou às altas temperaturas.
Diâmetros reduzidos	Sim	
Condutas com curvas	Sim	Poderá ocorrer um enrugamento da manga na face interior da curva dependendo do raio de curvatura, tipo de tecido e espessura do revestimento
Secção circular	Sim	
Variação de secção	Possível (ver comentário)	Alguns sistemas admitem utilizar uma manga que permite a mudança no tamanho da secção. Outros utilizam mangas elásticas que se adaptam a ligeiras mudanças de tamanhos.
Ligações laterais	Sim	
Condutas com deformação	Possível (ver comentário)	Até deformações de 10% aceita-se um encamisamento sem se recorrer ao reperfilamento da secção. Contudo a ovalização reduz a capacidade resistente aos carregamentos, bem como às pressões hidrostáticas, que devem se tomada em conta na conceção.
Igual diâmetro	Não	
Escoamentos em pressão	Possível	Para além de originalmente se destinarem a escoamento em superfície livre, existem sistemas que são aplicáveis em escoamentos em pressão.
Condutas que permitem a entrada humana	Sim	Para tais situações, geralmente, torna-se demasiado dispendiosa, sendo adotado outra solução.

Execução

Tal como acontece com outros sistemas de renovação, a limpeza e preparação são etapas fundamentais para o sucesso da solução. Em redes que não permitem entrada humana, a inspeção deve ser realizada por CCTV imediatamente antes da execução dos trabalhos. Não é aconselhável a utilização de filmagens

anteriores, para avaliar o estado e condição da tubagem, porque desde então esta pode ter sofrido alguma alteração. Em redes que permitem a entrada humana, sempre que possível, é favorável a inspeção visual direta, se tal não for exequível então pode-se recorrer a uma filmagem por CCTV. Todos os detritos e/ou depósitos devem ser removidos por completo, e uma nova inspeção é recomendada após limpeza para verificar se esta foi conseguida e até mesmo para detetar danos que possam ter decorrido. De forma a evitar que isso aconteça, devem ser tomados cuidados para evitar pressões excessivas quando se utilizam equipamentos de jatos de água, pois isso pode agravar os defeitos. Adicionalmente, qualquer intrusão lateral (por exemplo: raízes), incrustação e outro depósito endurecido devem ser removidos por processos mecânicos ou equipamentos de corte a alta pressão de água, seguido de limpeza para remover os detritos que tal intervenção originou. Quando se introduz a manga é necessário evitar que qualquer fragmento de tubagem se solte. Isto é particularmente crítico quando a manga é inserida por arrasto através de um guincho e, após isso, é insuflada. Qualquer desvio ou contacto com a tubagem pode libertar um pedaço desta que irá criar um ponto fraco ou até mesmo um vazio entre o revestimento e a tubagem existente. As soluções que recorrem a mangas inseridas por inversão desta, tendem a originar menos problemas. Nestas intervenções a instalação e cura do revestimento pode durar horas ou até mesmo dias dependendo do sistema e das características da conduta, o que pode levar à necessidade de desviar caudais afluentes. As ligações laterais são bloqueadas pela manga até que sejam novamente abertas, e devem-se tomar medidas para a remoção de possíveis sobrecargas se este não tiver capacidade de armazenagem. A acumulação de efluentes nos bloqueios laterais gera uma pressão sobre a manga, que pode ser significativa se a tubagem estiver a grande profundidade. Para além de uma das vantagens de todos os métodos de reabilitação de condutas sem abertura de vala ser uma menor perturbação no espaço de intervenção, os sistemas de encamisamento com cura no local exigem um espaço significativo durante a execução dos trabalhos, especialmente no momento de introdução da manga e cura do material de revestimento. Este facto deve ser tomado em linha de conta ainda em fase de estudo porque pode mesmo obrigar a interferir com a regulação do tráfego.

As aplicações que utilizam a resina de poliéster como revestimento têm uma implicação ambiental a muito curto prazo, dado que o estireno, solvente adicionado à resina, liberta um forte odor juntamente com os vapores aquando da cura. Contudo, embora possa ser um risco para a saúde em altas concentrações, esses níveis não são, por norma, encontrados em torno do espaço de execução. Na realidade, o vapor de estireno é detetado pelos humanos em concentrações inferiores a 1 ppm (parte por milhão), e o odor torna-se demasiado forte para níveis que representem uma ameaça para a saúde humana. Para além da cura da resina ser um período curto de execução dos trabalhos, devem-se tomar medidas de ventilação adequadas de forma a evitar qualquer perturbação. Para além da libertação de odores, a resina de poliéster é suscetível ao contacto com a água, o que pode ser um problema relevante em sistemas que consentem permanentes infiltrações ou, quando as derivações permitem a afluência de caudais. De forma a evitar o contacto entre a resina e a água recorre-se à instalação de uma pré-manga.

7.2.3.1.4 Revestimento com Mangueiras (Woven Hose Lining)

Esta técnica funciona com base na inserção de mangueiras de polietileno reforçado de fibra, para diâmetros entre 150 e 500 mm. A mangueira, enrolada em tambor, é puxada para dentro do tubo de acolhimento, pela ação de um guincho. O objetivo final é garantir o total e perfeito forro da tubagem original deteriorada. Uma vez inserido, a mangueira de tecido é insuflada à pressão de serviço expandindo o forro até tocar a parede do tubo de acolhimento. Soluções com recurso a mangueiras poderão vir a ser usadas até pressões de 40 bar.

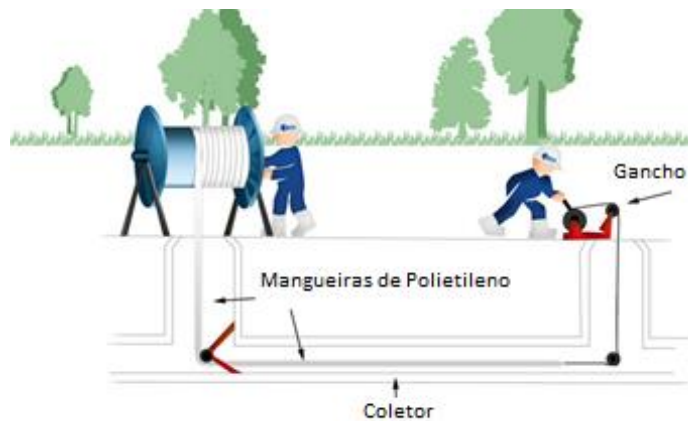



Fig. 43 – Revestimento com Mangueiras [41]

7.2.3.2 Não Estrutural

Nestes métodos considera-se que a capacidade resistente não está dependente na nova conduta a instalar, mas sim depende da capacidade e integridade da conduta existente a renovar. Serão assim métodos em que o processo se cinge, fundamentalmente, a processos de revestimento superficial interior da conduta existente.

7.2.3.2.1 Revestimento por Pulverização de Argamassa de Cimento (Cement Mortar Lining)

Definição

O revestimento com argamassa de cimento ou Cement Lining [39] consiste no revestimento do interior da conduta com uma argamassa de cimento. A camada de argamassa de cimento em contacto com o material da conduta, forma um conjunto de elevada resistência e durabilidade. Aplica-se a condutas metálicas (condutas de aço ou de ferro fundido). A ação protetora baseia-se, essencialmente, em dois agentes: passivo e ativo. O passivo é efetuado através do isolamento mecânico da parede metálica da conduta. O ativo realiza-se através da conversão química da camada de cimento com o óxido de ferro na zona da fronteira entre a argamassa de cimento e a parede de ferro da conduta, devido a interação da água que se difunde para o interior da argamassa.

A argamassa utilizada é composta, em partes iguais, por cimento Portland e por areia de quartzo. Pode ser uma solução viável para condutas com diâmetros entre 80 e 2000 mm. No caso de condutas de menor diâmetro, são abertos poços de acesso com cerca de 2,00 x 1,50 m, em intervalos de 150 m, retirando-se um troco de conduta com cerca de 1,00 m. Para condutas com diâmetros superiores a 600 mm, o intervalo entre poços será da ordem dos 400 m.

Aplicação

Um dos procedimentos mais importantes na reabilitação de condutas é o polimento, que no presente caso é acompanhado do revestimento com a argamassa de cimento já referida. Após o seccionamento da conduta, procede-se à raspagem das incrustações e outros resíduos de corrosão com raspadores de aço (Figura 44a) e limpeza simultânea com escovas de borracha.

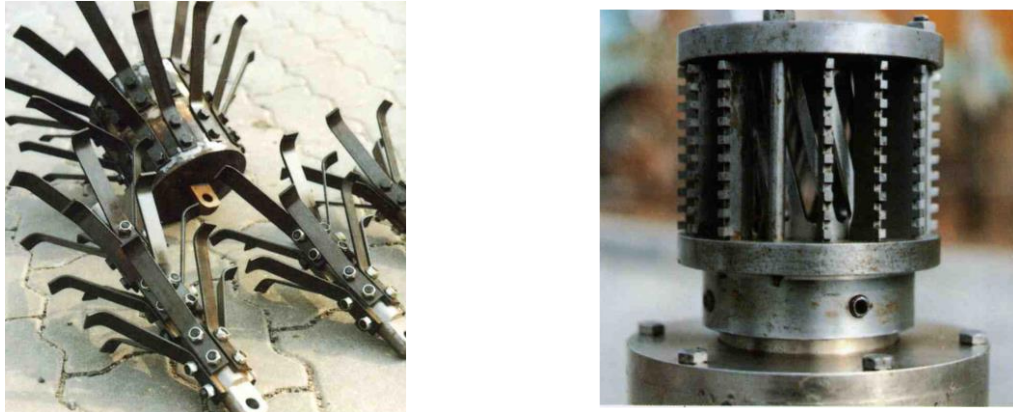



Fig. 44 - Técnica Cement Lining: (a) raspadores de aço utilizados e (b) dispositivo de aplicação de argamassa cimentícia [39]

Seguidamente, coloca-se a argamassa através do dispositivo de *spray* (Figura 45b). Após 10 a 16 h, completa-se a presa da argamassa, e a conduta é limpa com água sob pressão. Cerca de 24 h depois, a conduta pode ser utilizada novamente.

Na figura seguinte é possível observar uma secção de conduta por reabilitar e o aspeto final de uma conduta reabilitada com recurso a este processo.

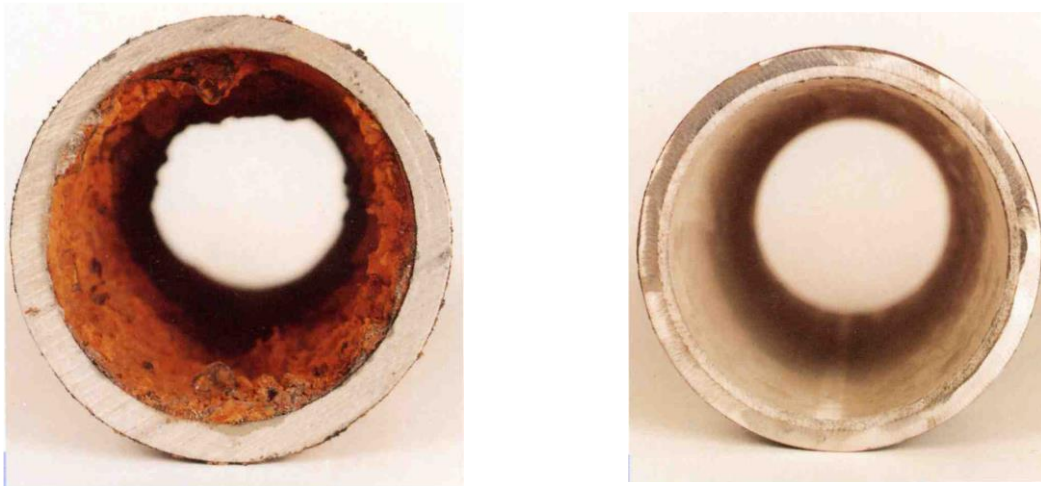



Fig. 45 - Comparação entre (a) uma conduta por reabilitar e (b) uma conduta reabilitada pela técnica Cement Relining [39]

Vantagens e inconvenientes

A técnica Cement Lining tem várias vantagens, nomeadamente:

- O método utilizado é um processo compatível com a defesa do ambiente, pois não utiliza materiais tóxicos na sua execução de limpeza nem aquando do revestimento;
- As perturbações à superfície são reduzidas;
- As perturbações de tráfego também são mínimas (exceto na abertura de poços);
- O seu período de intervenção é mínimo;
- E, os seus custos também são reduzidos comparativamente com outros tipos de soluções.

Os seus principais inconvenientes comparativamente com outras técnicas (e.g., a técnica Cement Lining) são os seguintes:

- É uma técnica dispendiosa e morosa em trechos longos de condutas;
- Após o polimento da parede interior da conduta, pode haver necessidade de alteração de técnica, uma vez que esta técnica não confere uma maior durabilidade estrutural à conduta;
- É considerada uma solução provisória dada as características do material de revestimento utilizado (cimento);
- E, não permite um aumento significativo de capacidade hidráulica do sistema.

7.2.3.2.2 Pulverização de Resina Epoxy (Epoxy Lining)

Descrição

O revestimento com resinas epoxy ou Spray Lining [38] consiste em revestir interiormente a conduta deteriorada com resinas líquidas aplicadas através de um *spray* que, posteriormente, solidifica. São utilizadas resinas epoxy do tipo ELC 173/90 (1ª geração de resinas) e do tipo ELC 257/91 (2ª geração de resinas que visam uma maior resistência e uma maior durabilidade), que asseguram a formação de uma camada durável e resistente a corrosão. Pode ser utilizado para a reabilitação de condutas de abastecimento de água, de combate a incêndios e de abastecimento industrial. Também se pode recorrer a este método quando se verificam problemas de qualidade de água devido a corrosão da parede interna da conduta.

Procedimento de aplicação

Ambas as resinas são aplicadas através de um espigão de *spray* de centrifugação. A espessura da camada é controlada através do caudal do *spray* e da velocidade de introdução do referido espigão. A referida camada é aplicada na face interior da conduta, impermeabilizando-a e protegendo-a à corrosão.

Fig. 46 - Técnica Spray Relining: pormenor do espigão de aplicação da resina [38]

Tanto a resina ELC 173/90 como a 257/91 são certificadas para um lining-in-situ de condutas, apresentando uma resina base comum só diferem na tecnologia de endurecimento. Enquanto a ELC 173/90 possui um adjuvante endurecedor tradicional, na ELC 257/91 este é substituído por outro adjuvante com características mais avançadas que diminuem o tempo de presa.

Vantagens e inconvenientes

As vantagens da técnica Spray Relining são:

- Rapidez em relação ao revestimento com argamassa de cimento;
- As resinas têm uma maior durabilidade e a superfície adquirida com este método é substancialmente mais lisa;
- Consegue-se ainda um maior controlo da espessura da camada de resina do que pelo método Cement relining;
- E, não obriga à interrupção de ramais prediais. É a técnica ideal para resolver problemas de corrosão e, consequentemente, problemas de qualidade da água.

Relativamente às desvantagens, a utilização deste método:

- Não é aconselhável para trechos muito longos (mais de 1000 m), nem para condutas com diâmetros superiores a 1000 mm;
- Também não é através deste método que se resolvem problemas de fugas, nem problemas estruturais na conduta existente;
- Tal como o revestimento por argamassa de cimento, esta técnica não permite um aumento significativo da capacidade hidráulica da conduta.

7.2.3.2.3 Pulverização de Poliuretano (Polyurethane Lining)

Esta técnica consiste em conseguir uma proteção contra corrosão em tubos metálicos e câmaras de visita. Tal como acontece com revestimentos de argamassa de cimento, revestimentos de resina epóxi e de poliuretano requerem que o tubo a reabilitar seja cuidadosamente limpo de depósitos, de corrosão e outros detritos e seja substancialmente seco antes da aplicação do revestimento para assegurar uma boa adesão entre o revestimento e a parede do tubo.

A resina epoxy ou o poliuretano protegem o tubo contra a corrosão e melhoram as características do escoamento na tubagem reabilitada. Uma camada mais espessa de poliuretano pode ser aplicada ao tubo para proporcionar uma melhor vedação. Os revestimentos de resina epóxi e de poliuretano inibem a corrosão através da formação de uma barreira impermeável entre o tubo inicial e o escoamento.

Em pequenos diâmetros, uma camada fina (1 a 1,5 mm) de epóxi ou de poliuretano é pulverizada através de um bocal, rodando a alta velocidade. Na maioria dos casos, a resina e o endurecedor são alimentados através de tubos separados e combinados por um misturador estático logo atrás do bico de pulverização. A espessura do revestimento é controlada pela taxa de fluxo e da velocidade de avanço da máquina.

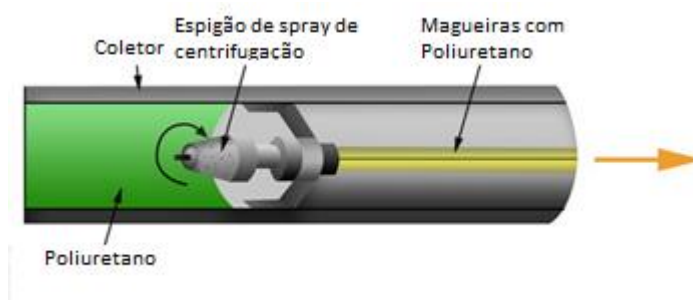



Fig. 47 – Pulverização de Poliuretano [41]

A cura do epoxy é cerca de 16 horas enquanto a do poliuretano é cerca de 2 horas, o que torna esta técnica mais viável. No entanto, estes revestimentos são mais caros e exigem um controlo cuidadoso de qualidade durante a aplicação e cura para assegurar que o revestimento está isento de defeitos.

As resinas epoxy e os revestimentos à base de poliuretano são usados também para a reabilitação e proteção contra a corrosão em tubos de maior diâmetro e câmaras de visita. Neste caso os revestimentos são aplicados à mão ou por pulverização.

8

ESTUDO DE CASO

8.1 INTRODUÇÃO

No presente capítulo será abordado um caso real de uma infraestrutura de drenagem, que tem revelado alguns problemas no seu funcionamento, e suscitou, assim, ponderação sobre a realização de ações de reabilitação. Serão apresentadas as operações efetuadas para o levantamento das infraestruturas, a gestão do seu estado e a ponderação sobre qual a melhor(es) técnica(s) a utilizar para a sua reabilitação.

8.2 DESCRIÇÃO GERAL

8.2.1 DESCRIÇÃO GERAL DO SISTEMA DE DRENAGEM DE VIANA DO CASTELO

A Câmara Municipal de Viana do Castelo deliberou em 20 de Outubro de 1971 a Municipalização dos Serviços de Saneamento que até então se limitava à limpeza de alguns coletores de águas residuais e à construção dos ramais domiciliários solicitados pelos interessados. A partir desta data foram desenvolvidos, ano após ano, investimentos na ampliação da rede de drenagem de águas residuais domésticas e pluviais. A rede de drenagem de águas residuais conheceu um forte incremento dos investimentos a partir de finais da década de 80, nomeadamente pelos investimentos proporcionados pelos fundos comunitários.

Em 31 de Maio de 1999 entrou em funcionamento o sistema de Saneamento da Orla Litoral Norte constituído pela ETAR da Cidade e oito estações elevatórias incluindo diversos quilómetros de emissários. Em Novembro de 2001 entrou em funcionamento o sistema de saneamento da ETAR da Zona Industrial e três estações elevatórias.

A rede de coletores integra os sistemas públicos de drenagem de águas residuais domésticas, industriais e pluviais provenientes das edificações ou da via pública e têm por finalidade assegurar a sua condução ao destino final adequado. Os intercetores têm por finalidade a recolha dos efluentes que derivam das várias redes de coletores e a sua condução até ao tratamento e destino final.

Atualmente estão em operação cinco grandes Sistemas de Drenagem e Tratamento de Águas Residuais no Município – Sistema da ETAR de Areosa, Sistema da ETAR da Zona Industrial, Sistema da ETAR da Gelfa, Sistema da ETAR de Lanheses/Geraz do Lima e Sistema da ETAR de Barroselas.

O efluente final (após tratamento em ETAR) deverá respeitar os requisitos definidos no Decreto-Lei n.º 152/97 de 19 de Junho ou, licenças específicas de descarga, também previstas no mesmo diploma. A conformidade do efluente final e desempenho de cada ETAR é essencialmente avaliada pela obtenção de valores de concentração dos vários parâmetros, abaixo do limite definido para a descarga final e/ou

em função da percentagem de remoção dos poluentes (cargas orgânicas e sólidos), conseguida nos diversos órgãos da ETAR.

As lamas resultantes dos processos de tratamento desenvolvidos nas ETAR deverão apresentar uma qualidade adequada e compatível com o destino a dar às mesmas (aterro sanitário, enterramento no solo, uso agrícola e/ ou silvícola). As lamas produzidas no Sistema de Saneamento de Águas Residuais de Viana do Castelo têm como destino final a aplicação em solos agrícolas (cultura de cereais e prado), respeitando os requisitos mínimos de qualidade, definidos no Decreto-Lei n.º 446/ 91 de 22 de Novembro e Portarias complementares (níveis de metais pesados abaixo dos VMA's definidos na Portaria n.º 176/ 96 de 03 de Outubro). [42]

8.2.2 Descrição Geral da Obra de Reabilitação

À empresa Águas do Noroeste, S.A. foi atribuída a concessão da rede de drenagem distrital de Viana do Castelo e, em consequência do mesmo, o coletor de S. Romão, que é o presente caso de estudo.

O coletor em questão situa-se em Viana do Castelo, na freguesia de São Romão de Neiva e Chafé, mais especificamente o coletor desenvolve-se, na sua fase inicial, junto à E.N. 13. Porém quase todo o coletor está situado numa zona rural e está compreendido em várias zonas agrícolas. Tendo isto em atenção não serão necessários a implementação de medidas especiais na execução dos trabalhos, apenas tem de ser ter em consideração as medidas mínimas, quer em termos de segurança para as pessoas que circulam nas vias de comunicação, quer na regulação da circulação automóvel, para além dos riscos associados a este tipo de reabilitação estrutural. Para além disso, é necessário ter em atenção que uma pequena parte deste coletor se encontra debaixo da zona industrial e, por isso, existem edifícios com cargas permanentes e sobrecargas consideráveis.

Fig. 48 - Imagem Retirada do Google Earth

Fig. 49 – Zona de arranque do coletor, junto à EN 13

A conduta de S. Romão tem uma extensão de 3810 metros sendo parcialmente por Grés e parcialmente em Fibrocimento.

A tubagem existente predominante é em fibrocimento (cerca de 85,85 %) e o restante em grés (com cerca de 14,15%). A Tabela 8.1 sintetiza a rede existente e a instalar, por diâmetros, material e extensão.

Tabela 8. 1 - Tubagens existentes no Caso de Estudo

Material Existente	DN existente (mm)	Extensão (m)	%
Grés	400	538	14 %
Fibrocimento	500	3181	84 %
	600	90	2 %

As tubagens existentes situam-se, como já referido, geralmente em zonas agrícolas e terrenos sem edificação, com pequenas exceções em que se encontram faixas de rodagem, ou debaixo de edifícios industriais.

8.3 Técnicas de Levantamento Estrutural e de Inspeção

8.3.1 Introdução

A fase inicial inicia-se pelo levantamento estrutural. Porém, uma das falhas existentes nas entidades gestoras de serviços é a falta de um cadastro atualizado de toda a rede de drenagem, onde nesse cadastro estão contidos todos elementos relativos à tubagem existente (diâmetro, material, tipo de juntas, estado de conservação).

A empresa Manvia, SA realizou no ano de 2005 trabalhos de inspeção de vídeo no coletor de S. Romão e relatórios do mesmo. Estes foram utilizados numa fase inicial para compreender em que estado se encontrava a infraestrutura. Para além de vídeo e relatório foi fornecida geo-referenciação das câmaras de visita, plantas e perfis do local.

Devido aos elementos fornecidos serem do ano 2005, realizou-se a uma visita ao local, tendo-se procedido ao levantamento de elementos à superfície (incluindo a abertura das caixas de visita) que permitissem identificar falhas no serviço, e verificação de situações estudadas, para as quais não parecia haver coerência (como por exemplo, várias câmaras de visita enterradas).

Em anexo apresentam-se as plantas descritivas desta infraestrutura em estudo.

8.3.2 Inspeção Vídeo

Através da análise das inspeções, realizadas em 2005, com recurso a gravação vídeo em Televisão em Circuito Fechado (CCTV) foi possível detetar algumas anomalias do coletor de S. Romão, como por exemplo, fissuras, juntas deslocadas, assentamentos, coletores partidos, infiltrações, etc.

A tabela 8.2 mostra os principais problemas assinalados com a realização desta inspeção. As referências aos códigos das câmaras de visita está de acordo com os elementos gráficos apresentados em anexo.

Tabela 8. 2 - Problemas verificados com a inspeção em CCTV

Problema dos Coletores				
Câmara de Visita		**Câmara de Visita**	**Problema**	**Estado Geral**
CS0340	-	CS0341	Fissuras Radiais e Longitudinais em toda a Extensão	Razoável
CS0341	-	CS0342	Fissuras Radiais e Longitudinais em toda a Extensão	Razoável
CS0342	-	CS0343	Fissuras Radiais e Longitudinais em toda a Extensão	Razoável
CS0343	-	CS0344	Têm ligação deficiente	Deficiente
CS0344	-	CS0345	Fissuras Radiais e Longitudinais em toda a Extensão	Razoável
CS0345	-	CS0346	Coletor em Ruína	MAU
CS0346	-	CS0347	Coletor em Ruína	MAU
CS0347	-	CS0348	Coletor em Ruína	MAU
CS0348	-	CS0349	Coletor em Ruína	MAU
CS0349	-	CS0350	Coletor em Ruína	MAU
CS0350	-	CS0351	Assentamento	MAU
CS0351	-	CS0352	Juntas Deslocadas	Razoável
CS0353	-	CS0354	Juntas Deslocadas	Razoável
CS0354	-	CS0355	Juntas Deslocadas e Ligação Deficiente	Deficiente
CS0355	-	CS0356	Juntas Deslocadas	Razoável
CS0356	-	CS0357	Juntas Deslocadas	Razoável
CS0357	-	CS0358	Juntas Deslocadas	Razoável
CS0358	-	CS0359	Coletor em Ruína	MAU
CS0359	-	CS0360	Fissuras em quase toda a extensão	Razoável
CS0360	-	CS0361	Fissuras e Juntas Deslocadas	Razoável
CS0363	-	CS0364	Juntas Deslocadas	Razoável
CS0364	-	CS0365	Juntas Deslocadas	Razoável
CS0367	-	CS0368	Juntas Deslocadas	Razoável
CS0369	-	CS0370	Juntas Deslocadas	Razoável
CS0371	-	CS0372	Juntas Deslocadas	Razoável
CS0372	-	CS0373	Juntas Deslocadas	Razoável
CS0373	-	CS0374	Juntas Deslocadas	Razoável
CS0387	-	CS0388	Juntas de Vedação Deficientes aos 28 e 42,6 mt	Razoável
CS0388	-	CS0389	Juntas de Vedação Deficientes aos 14,80 mt	Razoável
CS0389	-	CS0390	Juntas de Vedação Deficientes aos 31,5 e 35,5 mt	Razoável
CS0393	-	CS0394	Juntas de Vedação Deficientes aos 38,87 mt	Razoável
CS0394	-	CS0395	Juntas de Vedação Deficientes aos 20,4 e 33,2 mt	Razoável
CS0396	-	CS0397	Juntas de Vedação Deficientes aos 32,0 mt	Razoável
CS0400	-	CS0401	Juntas de Vedação Deficientes aos 29,38 mt	Razoável
CS0401	-	CS0402	Diversas Juntas de Vedação Deficientes	Razoável
CS0402	-	CS0403	Diversas Juntas de Vedação Deficientes	Razoável
CS0403	-	CS0404	Juntas de Vedação Deficientes aos 2,15 mt	Razoável
CS0405	-	CS0406	Diversas Juntas de Vedação Deficientes	Razoável
CS0406	-	CS0407	Juntas de Vedação Deficientes aos 9,27 mt	Razoável

CS0407	-	CS0408	Junta Deficiente aos 19 mt e Deslocamento aos 51 mt	Razoável
CS0409	-	CS0410	Juntas de Vedação Deficientes aos 19,27 mt	Razoável
CS0411	-	CS0412	Diversas Juntas de Vedação Deficientes	Razoável
CS0414	-	CS0415	Juntas de Vedação Deficientes aos 6,55 mt	Razoável
CS0418	-	CS0419	Diversas Juntas de Vedação Deficientes	Razoável
CS0419	-	CS0420	Abatimento aos 18,72 mt	MAU
CS0420	-	CS0421	Diversas Juntas de Vedação Deficientes	Razoável
CS0421	-	CS0422	Diversas Juntas de Vedação Deficientes	Razoável
CS0422	-	CS0423	Diversas Juntas de Vedação Deficientes	Razoável
CS0423	-	CS0424	Diversas Juntas de Vedação Deficientes	Razoável
CS0424	-	CS0425	Rombo no coletor aos 14,85 mt	Deficiente
CS0425	-	CS0426	Rombo no coletor aos 34,37 mtmt	Deficiente
CS0426	-	CS0427	Diversas juntas de vedação deficientes	Razoável
CS0427	-	CS0428	Diversas juntas de vedação deficientes	Razoável
CS0428	-	CS0429	Rombo no coletor aos 36,12 mt	Deficiente
CS0430	-	CS0431	Coletor abatido aos 3,96 mt(contra - fluxo)	MAU
CS0431	-	CS0432	Diversas juntas de vedação deficientes	Razoável
CS0432	-	CS0433	Entrada de raízes aos 27,24 mt	Deficiente
CS0433	-	CS0434	Rombo aos 53,3 e abatimento aos 59,21 mt	MAU
CS0434	-	CS0435	Coletor partido dos 12,40 aos 14,44 mt	MAU
CS0437	-	CS0438	Diversas juntas de vedação deficientes	Razoável

CS-0691	-	CS-0692	Diversas juntas de vedação deficientes	Razoável
CS-0692	-	CS-0693	Diversas juntas de vedação deficientes	Razoável
CS-0693	-	CS-0694	Diversas juntas de vedação deficientes e infiltrações	Razoável
CS-0694	-	CS-0695	Diversas juntas de vedação deficientes	Razoável
CS-0695	-	CS-0696	Coletor partido aos 3,79 mt	MAU
CS-0696		CS-0697	Infiltrações	Razoável

Em consequência da observação da inspeção será possível determinar que parte significativa do coletor se encontra demasiado destruído e deveria ser reabilitado, pois concerteza trará problemas para a entidade gestora. Será o caso, por exemplo, do trecho entre a câmara de visita CS0345 e a câmara de visita CS0351, onde o coletor se encontra em ruína, podendo mesmo vir a colapsar.

Todavia, esta operação de inspeção foi realizada hà 9 anos atrás, e por isso, considerou-se necessário recorrer a uma visita ao local para se conseguir validar as anteriores observações e poder aquilatar de mais algumas eventuais anomalias na infraestrutura.

Seguidamente serão apresentadas imagens retiradas da inspeção vídeo fornecida pela empresa Águas do Noroeste, S.A.

Fig. 50 - Junta Deficiente entre CS0387 e CS0388 [43]

Fig. 51 - Fissura entre a CS0405 e CS0406 [43]

Fig. 52 - Travessia de Linha de Água entre CS0408 e CS0409 [43]

Fig. 53 - Abatimento entre CS0419 e CS0420 [43]

Fig. 54 - Rombo no Coletor entre CS0424 e CS0425 [43]

Fig. 55 - Rombo no Coletor com infiltrações entre CS0425 e CS0426 [43]

Fig. 56 - Coletor tamponado com raízes entre CS0432 e CS0433 [43]

Este tipo de patologias afetam as capacidades hidráulicas e estruturais dos coletores. Como exemplo, uma junta deficiente representa uma patologia que afeta o funcionamento hidráulico e a estanquidade da infraestrutura e que carece de reparação e reabilitação a curto prazo.

Com a inspeção às câmaras de visita efetuadas no mesmo ano, conseguiu-se reunir a informação do seu estado de conservação que está caracterizado na tabela seguinte.

Tabela 8. 3- Caracterização Geral das Câmaras de Visita

Câmara de Visita	Caracterização Geral					
	Tampa	Cobertura	Corpo	Acesso	Revestimentos	Depósitos
CS0366	Bom	Bom	Bom	Mau	Bom	Bom
CS0376	Bom	Bom	Bom	Mau	Bom	Bom
CS0400	Mau	Regular	Bom	Mau	Bom	Bom
CS0401	Mau	Regular	Bom	Bom	Bom	Bom
CS0436	Bom	Bom	Bom	Mau	Bom	Bom
CS0437	Bom	Bom	Bom	Mau	Bom	Bom
CS0691	Bom	Bom	Bom	Mau	Bom	Bom
CS0693	Bom	Bom	Bom	Regular	Bom	Bom

Foram apenas selecionadas as câmaras de visita que tinham algum problema quer no corpo quer no acesso e tampas.

8.3.3 Inspeção realizada em 2011 pela Águas do Noroeste, SA

Como referido, houve uma inspeção à conduta S. Romão no ano 2011 e a informação que só pode ser retirada da mesma é a seguinte:

Fig. 57 - Interior da Câmara de Visita CS0399 [44]

Entrada de água limpa de condutas ligação baixa na Câmara de Visita CS0399. [44]

Fig. 58 - Interior da Câmara de Visita CS0408 [44]

Entrada de água limpa da conduta de baixa na Câmara de Visita CS0408. [44]

Fig. 59 - Câmara de Visita CS0409 [44]

Travessia da conduta de S. Romão na Ribeira do Anha entre a Câmara de Visita CS0408 e a Câmara de Visita CS0409 com possíveis problemas por causa da limpeza da respetiva ribeira com retro escavadora. [44]

Fig. 60 - Interior da Câmara de Visita CS0421 [44]

Entrada de água limpa de conduta ligação baixa na Câmara de Visita CS0421 e travessia da conduta de S. Romão na ribeira entre a Câmara de Visita CS0420 e com possíveis problemas por causa da limpeza da respetiva ribeira com retro escavadora. [44]

Entrada de água limpa da conduta de baixa na Câmara de Visita CS0432. [44]

Fig. 61 - Interior da Câmara de Visita CS0432 [44]

A empresa Águas do Noroeste, S.A. realizou no ano 2011 a reparação do trecho CS0362-CS0365. Assim, visto que este trecho constava nos problemas verificados na inspeção realizada em 2005 este deixa de fazer parte do mesmo.

8.3.4 IDA AO LOCAL - INSPEÇÃO VISUAL

A ida ao local foi realizada no dia 8 de Abril de 2014. Na tabela 8.4 são apresentados os comentários sobre as câmaras de visita que foram abertas e os locais junto ao coletor de S. Romão, visitados.

Tabela 8. 4 - Comentário sobre as câmaras de visita visitadas

Câmara de Visita	Comentário
CS0348	Aberta; afinal não se encontra enterrada como nos relatórios disponíveis das inspeções realizadas no ano de 2005.
CS0349	Aberta e contêm uma ligação à rede.
CS0352	Aberta, não foi possível perceber se havia algum problema relevante.
CS0357	Tentou-se abrir mas não se conseguiu.
CS0362	Perto de um tanque, e por isso podem existir infiltrações à rede; foi declarado que esta parte do coletor sofreu reformulações recentes.
CS0363	
CS0367	Aberta, não foi possível perceber se havia algum problema relevante.
CS0375	Aberta e contêm uma ligação à rede.
CS0377	Aberta, não foi possível perceber se havia algum problema relevante.
CS0392	Aberta, ao lado da ribeira do Anha, o caudal é superior ao visto nas câmaras de visita anteriores, possível causa – infiltrações à rede de drenagem devido à proximidade da ribeira.
CS0393	Aberta e contêm dois coletores afluentes à rede.
CS0406	Aberta e contêm várias ligações à rede.
CS0408	Próximo da ribeira do Anha, impossível abrir devido à falta de acesso seguro.
CS0409	Impossível abrir porque a tampa da câmara de visita estava soldada, próxima da ribeira do Anha.
CS0420	Meio da vegetação, impossível alcançar a câmara de visita
ETAR	Houve deslocação à ETAR para tentar compreender a estrutura final do coletor e o seu funcionamento.

A melhor informação que se conseguiu reter com esta ida ao local foi o aumento de caudal notado na câmara de visita CS0392. Porém, pela inspeção de CCTV percebe-se que a infiltração realizada pela Ribeira do Anha tem consequências entre as câmaras de visita CS0408 e CS0409. Todavia, como o troço entre CS0391 e CS0392 também se encontra anexo à Ribeira do Anha e a inspeção vídeo foi realizada há 9 anos, pode especular-se poderem existir problemas mais sérios neste troço do que o esperado, como por exemplo, haver infiltrações devido ao coletor se encontrar em ruína.

Apresentam-se de seguida várias imagens realizadas aquando da visita ao local.

Fig. 62 - Abertura da primeira tampa da Câmara de Visita CS0348

Fig. 63 - Interior da Câmara de Visita CS0348

Fig. 64 - Abertura da Câmara de Visita CS0367

Fig. 65 - Câmara de Visita CS0392

Fig. 66 - Interior da Câmara de Visita CS0393

Fig. 67 - Câmara de Visita no interior da ETAR

8.4 ESTRATÉGIA DE REABILITAÇÃO DE SISTEMAS DE DRENAGEM DE ÁGUA

Como já afirmado, um processo de reabilitação de um sistema de drenagem inclui uma sequência articulada e lógica de pesquisa, procedimentos, ações e processos de decisão, que se podem sistematizar nas seguintes fases:

- 1ª Fase – Planeamento Inicial – inclui a recolha programada e sistemática de dados e de inspeções de campo complementares para a perceção de deficiências;
- 2ª Fase – Estudos de diagnósticos – inclui a análise e a avaliação de condições de funcionamento com recurso nomeadamente à visualização e à inspeção locais, à modelação matemática, à monitorização dos sistemas e à avaliação do desempenho, em termos hidráulicos, ambientais e estruturais;
- 3ª Fase – Estratégia e planeamento das intervenções de reabilitação – inclui a seleção das opções mais adequadas e a realização de um plano das intervenções no terreno;
- 4ª Fase – Execução e monitorização "ex-post" das intervenções – inclui a concretização das soluções preconizadas de reabilitação, a avaliação da sua performance "ex-post" e eventuais ajustes nas soluções finais.

8.4.1 PRIMEIRA FASE NA ESTRATÉGIA DE REABILITAÇÃO

A primeira fase na estratégia de reabilitação inclui a recolha de dado e inspeções de campo para a perceção das deficiências do coletor de S. Romão. Esta fase consistiu no estudo das inspeções fornecidas pela empresa Mandiva, SA e pela ida ao local de estudo, isto é, o apresentado no ponto 8.3 do presente trabalho.

8.4.2 SEGUNDA FASE NA ESTRATÉGIA DE REABILITAÇÃO

Para se realizar um diagnóstico hidráulico, ambiental e estrutural era necessário recorrer a dados sobre o caudal para o qual a conduta do S. Romão foi dimensionada e o caudal que agora é medido no coletor. Não havendo registos de medições de caudais no coletor, não é possível estabelecer nenhum comentário correto sobre o assunto. Pela ida ao local pode-se apenas afirmar que em nenhuma das câmaras de visita observadas se constatavam caudais de águas residuais que indiciassem ultrapassar a capacidade de transporte do sistema.

8.4.3 TERCEIRA FASE NA ESTRATÉGIA DE REABILITAÇÃO

Para a conduta de S. Romão é necessário escolher a melhor técnica para a reabilitação da mesma. Para isso é necessário utilizar um método de selecionamento, tal como o apresentado no diagrama seguinte.

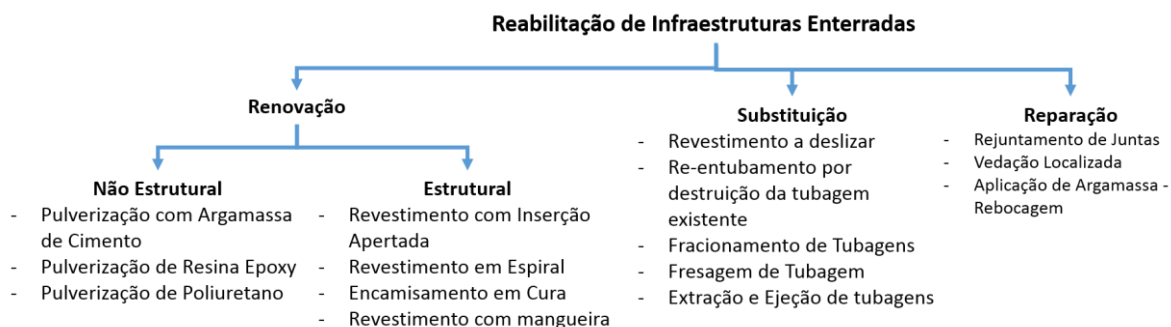



Fig. 68 - Reabilitação de Infraestruturas Enterradas

Assim, conhecendo o problema de cada troço da conduta de S. Romão pode-se procurar definir o tipo de intervenção a realizar. Na tabela 8.5 sugere-se o tipo de intervenção a realizar.

Tabela 8. 5 - Tipo de Intervenção a Realizar nos troços da Conduta de S. Romão

Problema dos Coletores					
Câmara de Visita		**Câmara de Visita**	**Problema**	**Estado Geral**	**Tipo de Intervenção**
CS0340	-	CS0341	Fissuras Radiais e Longitudinais em toda a Extensão	Razoável	Reparação
CS0341	-	CS0342	Fissuras Radiais e Longitudinais em toda a Extensão	Razoável	Reparação
CS0342	-	CS0343	Fissuras Radiais e Longitudinais em toda a Extensão	Razoável	Reparação
CS0343	-	CS0344	Têm ligação deficiente	Deficiente	Renovação
CS0344	-	CS0345	Fissuras Radiais e Longitudinais em toda a Extensão	Razoável	Reparação
CS0345	-	CS0346	Coletor em Ruína	MAU	Substituição
CS0346	-	CS0347	Coletor em Ruína	MAU	Substituição
CS0347	-	CS0348	Coletor em Ruína	MAU	Substituição
CS0348	-	CS0349	Coletor em Ruína	MAU	Substituição
CS0349	-	CS0350	Coletor em Ruína	MAU	Substituição
CS0350	-	CS0351	Assentamento	MAU	Substituição
CS0351	-	CS0352	Juntas Deslocadas	Razoável	Reparação
CS0353	-	CS0354	Juntas Deslocadas	Razoável	Reparação
CS0354	-	CS0355	Juntas Deslocadas e Ligação Deficiente	Deficiente	Renovação
CS0355	-	CS0356	Juntas Deslocadas	Razoável	Reparação
CS0356	-	CS0357	Juntas Deslocadas	Razoável	Reparação
CS0357	-	CS0358	Juntas Deslocadas	Razoável	Reparação
CS0358	-	CS0359	Coletor em Ruína	MAU	Substituição
CS0359	-	CS0360	Fissuras em quase toda a extensão	Razoável	Reparação
CS0360	-	CS0361	Fissuras e Juntas Deslocadas	Razoável	Reparação
CS0367	-	CS0368	Juntas Deslocadas	Razoável	Reparação
CS0369	-	CS0370	Juntas Deslocadas	Razoável	Reparação
CS0371	-	CS0372	Juntas Deslocadas	Razoável	Reparação
CS0372	-	CS0373	Juntas Deslocadas	Razoável	Reparação
CS0373	-	CS0374	Juntas Deslocadas	Razoável	Reparação

CS0387	-	CS0388	Juntas de Vedação Deficientes aos 28 e 42,6 mt	Razoável	Reparação
CS0388	-	CS0389	Juntas de Vedação Deficientes aos 14,80 mt	Razoável	Reparação
CS0389	-	CS0390	Juntas de Vedação Deficientes aos 31,5 e 35,5 mt	Razoável	Reparação
CS0393	-	CS0394	Juntas de Vedação Deficientes aos 38,87 mt	Razoável	Reparação
CS0394	-	CS0395	Juntas de Vedação Deficientes aos 20,4 e 33,2 mt	Razoável	Reparação
CS0396	-	CS0397	Juntas de Vedação Deficientes aos 32,0 mt	Razoável	Reparação
CS0400	-	CS0401	Juntas de Vedação Deficientes aos 29,38 mt	Razoável	Reparação
CS0401	-	CS0402	Diversas Juntas de Vedação Deficientes	Razoável	Reparação
CS0402	-	CS0403	Diversas Juntas de Vedação Deficientes	Razoável	Reparação
CS0403	-	CS0404	Juntas de Vedação Deficientes aos 2,15 mt	Razoável	Reparação
CS0405	-	CS0406	Diversas Juntas de Vedação Deficientes	Razoável	Reparação
CS0406	-	CS0407	Juntas de Vedação Deficientes aos 9,27 mt	Razoável	Reparação
CS0407	-	CS0408	Junta Deficiente aos 19 mt e Deslocamento aos 51 mt	Razoável	Renovação
CS0409	-	CS0410	Juntas de Vedação Deficientes aos 19,27 mt	Razoável	Reparação
CS0411	-	CS0412	Diversas Juntas de Vedação Deficientes	Razoável	Reparação
CS0414	-	CS0415	Juntas de Vedação Deficientes aos 6,55 mt	Razoável	Reparação
CS0418	-	CS0419	Diversas Juntas de Vedação Deficientes	Razoável	Reparação
CS0419	-	CS0420	Abatimento aos 18,72 mt	MAU	Substituição
CS0420	-	CS0421	Diversas Juntas de Vedação Deficientes	Razoável	Reparação
CS0421	-	CS0422	Diversas Juntas de Vedação Deficientes	Razoável	Reparação
CS0422	-	CS0423	Diversas Juntas de Vedação Deficientes	Razoável	Reparação
CS0423	-	CS0424	Diversas Juntas de Vedação Deficientes	Razoável	Reparação
CS0424	-	CS0425	Rombo no coletor aos 14,85 mt	Deficiente	Renovação
CS0425	-	CS0426	Rombo no coletor aos 34,37 mtmt	Deficiente	Renovação
CS0426	-	CS0427	Diversas juntas de vedação deficientes	Razoável	Reparação
CS0427	-	CS0428	Diversas juntas de vedação deficientes	Razoável	Reparação
CS0428	-	CS0429	Rombo no coletor aos 36,12 mt	Deficiente	Renovação
CS0430	-	CS0431	Coletor abatido aos 3,96 mt	MAU	Substituição
CS0431	-	CS0432	Diversas juntas de vedação deficientes	Razoável	Reparação
CS0432	-	CS0433	Entrada de raízes aos 27,24 mt	Deficiente	Substituição
CS0433	-	CS0434	Rombo aos 53,3 e abatimento aos 59,21 mt	MAU	Substituição
CS0434	-	CS0435	Coletor partido dos 12,40 aos 14,44 mt	MAU	Substituição
CS0437	-	CS0438	Diversas juntas de vedação deficientes	Razoável	Reparação

CS-0691	-	CS-0692	Diversas juntas de vedação deficientes	Razoável	Reparação
CS-0692	-	CS-0693	Diversas juntas de vedação deficientes	Razoável	Reparação
CS-0693	-	CS-0694	Diversas juntas de vedação deficientes e infiltrações	Razoável	Reparação
CS-0694	-	CS-0695	Diversas juntas de vedação deficientes	Razoável	Reparação
CS-0695	-	CS-0696	Coletor partido aos 3,79 mt	MAU	Substituição
CS-0696		CS-0697	Infiltrações	Razoável	Reparação

Qualquer uma das técnicas de reabilitação, seja de Substituição, Renovação ou Reparação, é viável para a conduta S. Romão. A decisão deverá ter em conta as questões orçamentais e técnicas, mais viáveis e

economicamente mais eficientes. Grande parte da Conduta de S. Romão não necessita de intervenção, porém, como as inspeções no interior da conduta foram realizadas há 9 anos, não é possível afirmar que nada se tenha alterado para pior desde então.

Na sequência das inspeções realizadas em 2005 e em 2011, e da consequente reparação do trecho CS0362-CS0365, verifica-se que será necessário recorrer a técnicas de **substituição** nos trechos CS0345-CS0351, CS0358-CS0359, CS0419-CS0420, CS0430-CS0431, CS0432-CS04345 e CS0695-CS0696, técnicas de **renovação** nos trechos CS0343-CS0344, CS0354-CS0355, CS0407-CS0408, CS0424-CS0428 e técnicas de **reparação** nos restantes trechos com problemas identificados.

Em anexo encontra-se um mapa explicativo dos trechos em que se propõe que haja intervenção, referenciando-se as diferentes sugestões para o tipo de intervenção.

8.4.3.1. Orçamento da Reabilitação do Coletor de S. Romão

Nesta quarta fase serão apresentados os custos referentes à intervenção a desenvolver na conduta de S. Romão.

Dado que as técnicas de reabilitação com recurso a não abertura de vala, ainda são pouco utilizadas em Portugal, poucas são as empresas especializadas nesta área e por isso existe um défice de referência de custo para este tipo de intervenções.

Para este caso de estudo foram analisados dois cenários. O primeiro cenário é a substituição total da tubagem que apresenta qualquer problema, e o segundo cenário será o uso da técnica de encamisamento com cura, para a tubagem que se encontra danificada.

Dos dois cenários analisados o mais económico é o primeiro cenário. O custo de reabilitação do coletor de S. Romão é cerca de 1 milhão e 300 mil euros. Tal situação acontece porque parte do coletor de S. Romão não se encontra instalado ao longo de uma via pública, não sendo, nesse caso, necessária a reposição de pavimentos.

As tabelas de custos referentes aos diferentes cenários encontram-se no anexo.

8.4.4 Quarta Fase na Estratégia de Reabilitação

Nesta quarta fase serão apresentados eventuais ajustes na solução final para o coletor de S. Romão. Uma vez que aquando a visita ao local se reparou que o coletor estava a funcionar normalmente tendo sido verificado um aumento de caudal escoado quando próximo da Ribeira do Anha. Visto que parte dos problemas do coletor de S. Romão são juntas deslocadas e juntas de vedação deficientes e que o funcionamento hidráulico do mesmo não é prejudicado, é ajustar então a solução final.

Aqui será apresentado o custo da obra de reabilitação para os trechos do coletor mais gravosos e que necessitam de rápida intervenção.

Tabela 8. 6 -Problemas graves verificados no Coletor de S. Romão

Problema dos Coletores					
Câmara de Visita		**Câmara de Visita**	**Problema**	**Estado Geral**	**Tipo de Intervenção**
CS0340	-	CS0341	Fissuras Radiais e Longitudinais em toda a Extensão	Razoável	Reparação
CS0341	-	CS0342	Fissuras Radiais e Longitudinais em toda a Extensão	Razoável	Reparação
CS0342	-	CS0343	Fissuras Radiais e Longitudinais em toda a Extensão	Razoável	Reparação
CS0345	-	CS0346	Coletor em Ruína	MAU	Substituição
CS0346	-	CS0347	Coletor em Ruína	MAU	Substituição
CS0347	-	CS0348	Coletor em Ruína	MAU	Substituição
CS0348	-	CS0349	Coletor em Ruína	MAU	Substituição
CS0349	-	CS0350	Coletor em Ruína	MAU	Substituição
CS0350	-	CS0351	Assentamento	MAU	Substituição
CS0358	-	CS0359	Coletor em Ruína	MAU	Substituição
CS0359	-	CS0360	Fissuras em quase toda a extensão	Razoável	Reparação
CS0391	-	CS0392	Aumento do caudal escoado verificado na visita ao local	MAU	Substituição
CS0419	-	CS0420	Abatimento aos 18,72 mt	MAU	Substituição
CS0424	-	CS0425	Rombo no coletor aos 14,85 mt	Deficiente	Renovação
CS0425	-	CS0426	Rombo no coletor aos 34,37 mtmt	Deficiente	Renovação
CS0428	-	CS0429	Rombo no coletor aos 36,12 mt	Deficiente	Renovação
CS0430	-	CS0431	Coletor abatido aos 3,96 mt	MAU	Substituição
CS0432	-	CS0433	Entrada de raízes aos 27,24 mt	Deficiente	Substituição
CS0433	-	CS0434	Rombo aos 53,3 e abatimento aos 59,21 mt	MAU	Substituição
CS0434	-	CS0435	Coletor partido dos 12,40 aos 14,44 mt	MAU	Substituição
CS-0695	-	CS-0696	Coletor partido aos 3,79 mt	MAU	Substituição

Considerando, então, só o que se encontra em mau estado e o que provoca mau funcionamento do coletor de S. Romão, pode-se contar com o custo de reabilitação a rondar os 350 mil euros. A tabela discriminada de preços encontra-se em anexo.

É necessário voltar a referir que o coletor de S. Romão precisa de ser reabilitado. É necessário uma intervenção nesta infraestrutura pois ela começa a dar os primeiros sinais de colapso e de mau funcionamento hidráulico.

9
CONCLUSÕES

9.1 CONCLUSÕES GERAIS

Neste capítulo são enumerados os principais resultados da pesquisa efetuada e apresentadas as conclusões retiradas da elaboração do presente trabalho. O objetivo principal era a apresentação e descrição das técnicas de reabilitação de infraestruturas, bem como, de todo o processo anexo a estas, como a seleção de redes com prioridade de intervenção, técnicas de avaliação do estado das mesmas, trabalhos preparatórios de levantamento de infraestruturas, caracterização dos materiais utilizados e, por fim, aplicação do processo na íntegra a um caso real.

No segundo capítulo concluiu-se que existe uma grande variedade de materiais a utilizar nos sistemas de drenagem de águas residuais. Para haver uma decisão entre elas é necessário recorrer à análise do investimento mais favorável à empreitada.

Com o terceiro capítulo percebe-se que é necessário dispor de toda a informação detalhada sobre o sistema e o respetivo comportamento hidráulico, estrutural e ambiental, de modo a se conseguir planear e dar prioridade às intervenções necessárias. Assim, antes de começar o processo de reabilitação é preciso fazer um estudo exaustivo sobre a infraestrutura em si.

O quarto capítulo complementa o capítulo anterior concluindo então a gestão patrimonial da infraestrutura, isto é, o que fazer para prevenir e solucionar as falhas de uma infraestrutura enterrada de drenagem de águas residuais.

No quinto capítulo concluiu-se que técnicas de avaliação do estado das condutas requerem um grande trabalho inicial, e isso, implica um investimento significativo por parte da entidade gestora antes do lançamento a concurso das empreitadas. Este facto não é favorável ao atual processo de execução deste tipo de empreitadas. Por norma, e devido essencialmente a questões económicas, não é comum realizar-se um estudo e inspeção ao estado das tubagens em que se possa avaliar o verdadeiro estado estrutural destas e, então, dispor de uma base para se poder selecionar as mais adequadas técnicas de reabilitação possíveis, para solucionar os problemas existentes.

Com o sexto capítulo apresenta-se uma vasta gama de trabalhos preparatórios necessários a realizar neste tipo de processos e os custos associados.

No sétimo capítulo, constata-se que existe uma multiplicidade de soluções, equipamentos e métodos que conseguem resolver a maioria dos atuais problemas a nível das infraestruturas enterradas. A decisão será sobre qual a melhor técnica capaz de solucionar o problema e o seu custo associado. Contudo, e para

além de serem técnicas aparentemente simples, requerem um conhecimento (know-how) de todos os intervenientes neste processo o que ainda não está adequadamente estabelecido no caso nacional. Concluiu-se, então, que ainda há um grande caminho a ser percorrido e a transferência do conhecimento de outros países para o caso nacional deve ser tomada com grande prudência e consciência de que cada caso é único, e cada país tem a sua forma de atuar.

Relativamente ao caso de estudo, haveria muito por se concluir se houvesse obra de reabilitação a ocorrer ao mesmo tempo que a realização deste trabalho. Contudo, com a apresentação dos problemas descritos neste trabalho, a empresa Águas do Noroeste, SA, terá conseguido uma melhor perceção do estado da conduta de S. Romão.

Em suma, este trabalho pretendeu através de uma observação técnica, expor todo o processo de reabilitação de infraestruturas enterradas, não só da técnica em particular, mas de todos os trabalhos que este acarreta, e então compreender a complexidade e as condicionantes que estas englobam. Para além disso, este trabalho pretendeu sensibilizar e apresentar técnicas que podem conduzir a uma forma mais sustentável de manutenção das infraestruturas existentes.

9.2 Dificuldade Sentidas no Desenvolvimento do Trabalho

No decorrer do presente trabalho a maior dificuldade sentida foi a falta de material científico. Em outros países existem várias publicações acerca destas tecnologias, contudo no caso nacional sente-se uma lacuna de material físico credível. Esta dificuldade levou a que este trabalho estivesse muito dependente de publicações e informações disponíveis em sítios de internet com uma intenção mais publicitária que científica.

A necessidade de traduzir e ajustar as designações anglo-saxónicas revelou-se um grande desafio e simultaneamente uma dificuldade, e como se compreende no meio cientifico não é claro adequar termos que por vezes não têm uma correspondência direta para outra língua.

Acresce a isto a grande dificuldade no que concerne à obtenção de valores de referência para o custo deste tipo de intervenções. As questões de natureza comercial, nomeadamente pelas limitações de alguns processos patenteados, coloca as referências económicas na esfera reservada das empresas que desenvolveram, comercializam e aplicam estas diferentes técnicas.

9.3 Desenvolvimentos Futuros

Foram descritas técnicas que ainda estão em fase embrionária no panorama nacional, podendo então os desenvolvimentos futuros ser imensos, contudo de seguida enumeram-se aqueles que nesta fase parecem ser os mais pertinentes:

- Estabelecimento de uma nomenclatura clara e que unifique as designações utilizadas.
- Desenvolvimento de estudos científicos que permitam definir quais as variáveis de cada método e assim conceber e projetar soluções que tenham por base as técnicas de reabilitação de coletores.
- Estudo de avaliação de custos para cada solução bem como determinação dos rendimentos de produção obtidos.
- Estabelecimento de regulamentação aplicada ao caso nacional.
- Desenvolvimento de cada uma das técnicas em particular, estabelecendo os critérios de dimensionamento, testes e ensaios necessárias.
- Desenvolvimento de plataformas informáticas que auxiliem todo o processo.

Para que todas as sugestões de trabalhos futuros acima enumeradas possam melhor auxiliar a introdução/adequação destas técnicas, deveram ser apoiados/complementados com situações reais, sendo a intervenção das entidades detentores e executantes deste tipo de infraestrutura da maior importância para a recolha e validação de informação.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] Brás, Antunes, Tese de Mestrado, Projeto de Reabilitação e Manutenção de Rede Predial de Abastecimento de água, Setembro de 2009

[2] Apontamentos da Disciplina de Hidráulica Urbana e Ambiental da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, 2013

[3] Cardoso, M.A.; Coelho, S.T.; Matos, J.S.; Matos, R.S., - A New Approach to the Diagnosis and Rehabilitation of Sewerage Systems Through the Development of Performance Indicators, 8th International Conference on Urban Storm Drainage, Sydney, Setembro 1999.

[4] Matos, M.R. - Métodos de Análise e de Cálculo de Caudais Pluviais em Sistemas de Drenagem Urbana – Estudos Experimentais Referenciados em Bacias Urbanas Portuguesas. Tese apresentada a concurso para obtenção do Grau de Especialista do LNEC, LNEC, Lisboa, Março de 1987.

[5] Sewers - Rehabilitation and New Construction Repair and Renovation. Edição de Geoffrey Read e I. Vickridge, Arnold & John Wiley &Sons Inc., 1997.

[6] Cardoso, A. – Avaliação de Sistemas de Drenagem Urbana. Tese de doutoramento – documento provisório. Março de 2007.

[7] Cardoso, A. – Avaliação do Desempenho de Sistemas de Drenagem Urbana, Lisboa: Universidade Técnica de Lisboa - Instituto Superior Técnico, Departamento de Engenharia Civil, Aquitectura e Georecursos 2008.

[8] NESC - A Guide to Asset Management for Small Water Systems. Morgantown,USA: National Environmental Services Center (NESC), West Virginia University, 2005.

[9] ANAO - Asset management handbook, Commonwealth of Australia. Australia

[10] Mehle, J.; O'Keefe, S. M.; Wrase, P. E. - An Examination of Methods for Condition Rating of Sewer Pipelines. E.U.A.: Universidade de Minnesota, 2001.

[11] Burns, Penny; Hope, David; Roorda, Jeff - Managing infrastructure for the next generation. Automation in Construction. Vol. 8. n.º 6 (1999). pp. 689-703. Disponívelem WWW: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0926580598001150>. 0926-5805

[12] Sousa, V. - Gestão do Risco na Construção - Aplicação a Sistemas de Drenagem Urbana. Lisboa: Universidade Técnica de Lisboa - Instituto Superior Técnico, Departamento de Engenharia Civil, Arquitectura e Georecursos, 2012. Tese de Douturamento

[13] Aace/Usepa - Sanitary sewer overflow: Solutions. EPA Cooperative Agreement CP -828955-01-0, American Society of Civil Engineers (ASCE), United States Environmental Protection Agency (USEPA), 2004.

[14] Grilo, Tomás, Tese de Mestrado, Técnicas de Reabilitação de Sistemas de Abastecimento de Água, Outubro de 2007

[15] McDonald, S.E.; Zhao, J. Q. - Condition assessment and rehabilitation of large sewers. Em International Conference on Underground Infrastructure organizadapor Research University of Waterloo, Kitchener (Ontario), 2001. <http://www.nrc-cnrc.gc.ca/obj/irc/doc/pubs/nrcc44696/nrcc44696.pdf>.

[16] Eliseo, V. Ana Jr. - Sewer asset management - sewer structural deterioration modeling and multicriteria decision making in sewer rehabilitation projects prioritization. Brussel (Belgium):

VrijeUniversiteit Brussel, Faculty of Engineering - Department of Hydrology and Hydraulic Engineering, 2009.

[17] Koo, Dae-Hyun; Ariaratnam, Samuel T. - Innovative Method for Assessment of Underground Sewer Pipe Condition. Automation in Construction. Vol. 15. n.º 4 (2006). pp. 479-488. Disponívelem: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0926580505000725>. 0926-5805

[18] Gokhale, S.; A., Graham; J.; Bowns, S. - Sanitary Sewer Evaluation Surveys: Why and how (Part 2). Trenchless Technology. (2005).

[19] Duran, O.; Althoefer, K.; Seneviratne, L. D. - State of the Art in Sensor Technologies for Sewer Inspection. Sensors Journal, IEEE. Vol. 2. n.º 2 (2002). pp. 73-81. 1530-437X

[20] WRc - Sewerage Rehabilitation Manual. Fourth Edition. Swindon (ReinoUnido): Water Authorities Association, 2001.

[21] Makar, J.M. - Diagnostic Techniques for Sewers Systems. Ottawa, Ontario (Canada): Institute for Research in Construction, National Research Council Canada, NRCC-42828, 1999.

[22] Usepa - White Paper on Condition Assessment of Wastewater Collection Systems. Washington, D.C. (USA): US Environmental Protection Agency, Final Report May 2009 EPA/600/R-09/049, Office of Research and Development, 2009.

[23] Read, Geoffrey F.; Vickridge, lan G. - Sewers - Rehabilitation and New Construction - Repair and Renovation. Elsevier, 1997. Disponível em: <http://www.knovel.com/web/portal/browse/display?_EXT_KNOVEL_DISPLAY_bookid=3687>. 978-0-340-54472-3

[24] Sousa, V ; Matos, J. S; Almeida, M. C. - Técnicas de Inspeção em Sistemas de Drenagem. Em 12º Encontro Nacional de Saneamento Básico (ENaSB), Cascais, Portugal, 2006.

[25] SewerTechnologiesInc - Port Perry, Ontario (Canada): Sewer Technologies Inc., 2012. Disponívelem: <http://www.sewertechnologies.com/cctv.htm>.

[26] RedZone-robotics - Sewer Pipe Inspection using Mandrels or Laser Profiles. U.S.A.: RedZone-robotics, 2012. Disponível em: <http://www.redzone.com/resources/educational-articles/sewer-pipe-inspection-mandrels-vs-laser-profiles/>.

[27] TrenchlessAustralasia - Trenchless Australasia The official magazine of the ASTT. Australia: ASTT, 2012. Disponível em: <http://trenchless-australasia.com/news/laser_profiling_-_beyond_cctv/001861/>.

[28] http://www.istt.com/doks/pdf/TRC_Sec2-Guidelines_1106_ro.pdf, dia 16 de Abril de 2014

[29] http://www.manutencaoesuprimentos.com.br/conteudo/4414-escavacao-a-vacuo-na-mineracao/, dia 12 de Junho de 2014

[30] http://www.keison.co.uk/radiodetection_cat3.shtml, dia 12 de Junho de 2014

[31] http://www.surveyequipment.com/cable-pipe-detectors/ground-penetrating-radar/radiodetection-rd1000-ground-penetrating-radar-system#.U6Q5OfldVvQ, dia 12 de Junho de 2014

[32] http://www.ebah.com.br/content/ABAAAejFMAC/pig-tecnologia-tubulacoes, dia 12 de Junho de 2014

[33] Pinto, Fernando, Tese de Mestrado, Reabilitação de Condutas Sem Abertura de Vala - Aplicação de um Caso, Julho de 2009, FEUP

[34] http://blogrubensmenin.com.br/seguranca-do-trabalho-na-construcao-civil, dia 22 de Junho de 2014

[35] Machado, C. (2005). "Tese de Doutoramento - Reabilitação de pontes e viadutos.".

[36] Appleton, J. (2003). Reabilitação de edifícios antigos - Patologias e tecnologias de intervenção (1ª edição), Edições Orion.

[37] Appleton, J. 2005a.Inspecção e reabilitação de pontes.

[38] Subterra (2003). Subterra, Services - Rehabilitation. http://www.subterra.co.uk/pipe_rehabilitation_frameset.html, 14 de Junho de 2014

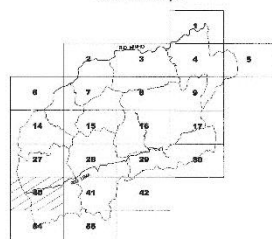
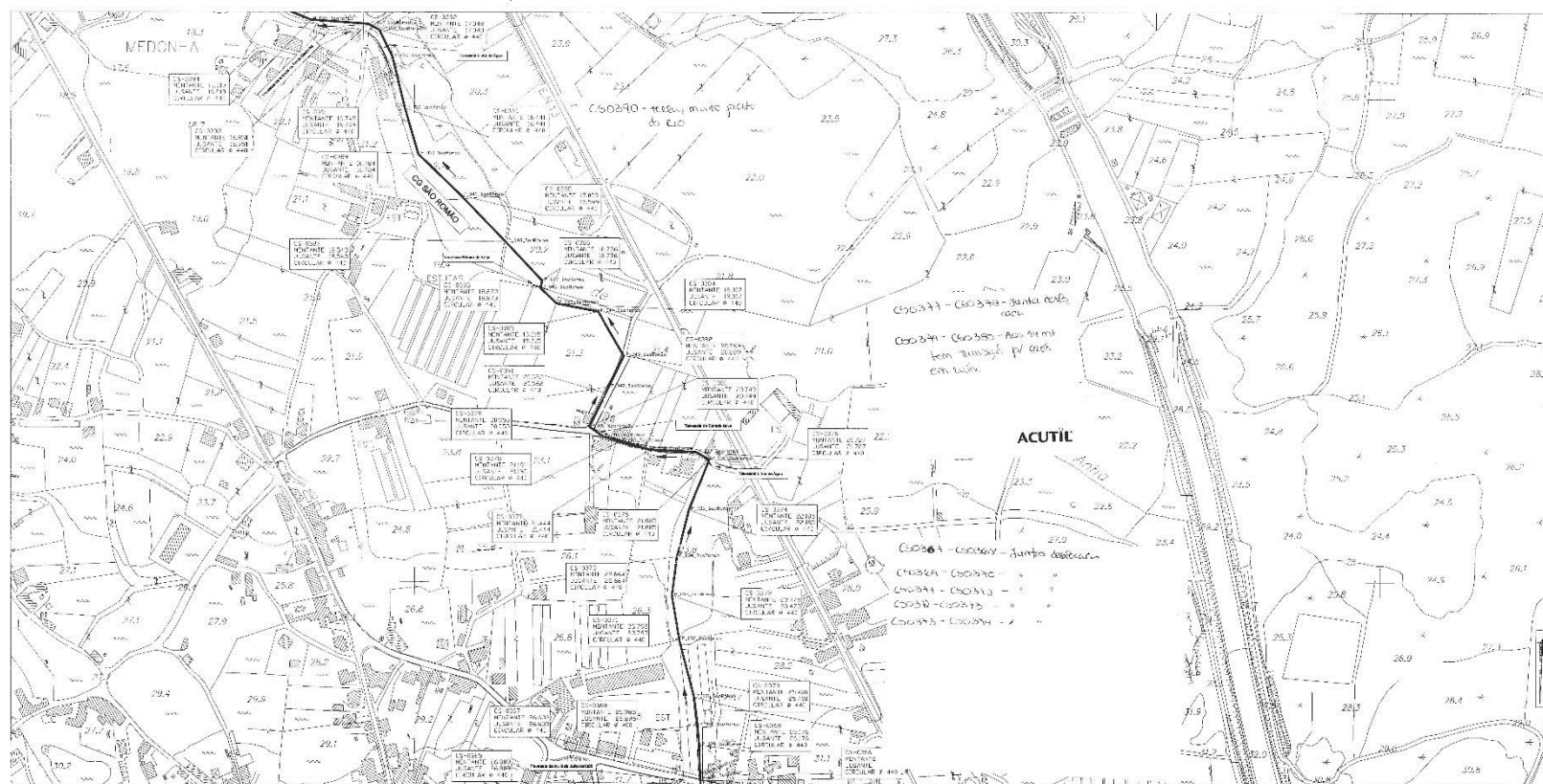
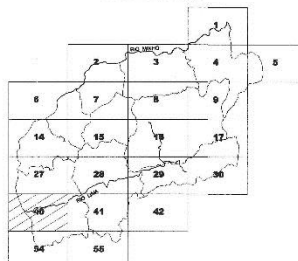
[39] Brochier (1996). Reparação e reabilitação subterrânea de condutas.

[40] http://www.tractor-rega.com/electrosoldar.html, 13 de Junho de 2014

[41] http://www.istt.com/, Maio de 2014

[42] http://portal.smsbvc.pt/aguas-residuais, 22 de Abril de 2014

[43] Manvia SA, relatório de inspeção, 2005

[44] Águas do Noroeste, relatório de Inspeção, 2011

ACUTIL
MONTAGEM DAS CARTAS MILITARES DE PORTUGAL
ÁREA DE INTERVENÇÃO
SIMBOLOGIA
COLECTOR GRAVÍTICO
SENTIDO DE ESCOAMENTO
ESTAÇÃO ELEVATÓRIA
ETAR
ÁGUAS DO MINHO E LIMA
VZI_08/09

ANEXO B

Cálculo do Custos da Obra de Reabilitação

- Com abertura de vala e substituição do coletor (1º cenário):

Custo da Obra de Reabilitação									
Trecho	CS0340-CS0343		CS0343-CS0344						
Tubagem em Grés	DN 400								
Em zona industrial com pavimento em tapete betuminoso									
L (m)	178								
Tipo de Intervenção:			Reparação						
Cod.	Designação			Rend	MO	EQ	MAT	SUB	TOTAL
1	Preparação da obra	Vg	2						7.538,00 €
1.1	Sinalização + topografia								
1.2	Compra + aprovisionamento dos principais materiais								
2	Abertura de vala	ml	178	24 ml /dia	200,00 €	200,00 €			3.200,00 €
3	Instalação de tubagem e acessórios	ml	178	24 ml /dia	200,00 €	200,00 €	130,00 €		31.608,00 €
4	Aterro de vala	ml	178	24 ml /dia	200,00 €	200,00 €	6,00 €		4.268,00 €
5	Ensaio de pressão	ml	178					5,00 €	750,00 €
6	Reposição de pavimentos	m2	356					20,00 €	7.120,00 €
									46.946,00 €
								Seco	54.484,00 €
								Industrial	57.753,04 €
								Venda	64.683,40 €
Trecho	CS0344-CS0345								
Tubagem em Grés	DN 400								
Em zona industrial com pavimento em tapete betuminoso									
L (m)	52								
Tipo de Intervenção:			Renovação						
Cod.	Designação			Rend	MO	EQ	MAT	SUB	TOTAL
1	Preparação da obra	Vg	1						3769
1.1	Sinalização + topografia								
1.2	Compra + aprovisionamento dos principais materiais								
2	Abertura de vala	Ml	52	24 ml /dia	200,00 €	200,00 €			3.200,00 €
3	Instalação de tubagem e acessórios	Ml	52	24 ml /dia	200,00 €	200,00 €	130,00 €		11.952,00 €
4	Aterro de vala	Ml	52	24 ml /dia	200,00 €	200,00 €	6,00 €		3.512,00 €
5	Ensaio de pressão	Ml	52					5,00 €	750,00 €
6	Reposição de pavimentos	m2	104					20,00 €	2.080,00 €
									21.494,00 €

SECO	25.263,00 €
Industrial	26.778,78 €
Venda	29.992,23 €

Trecho CS0345-CS0351

Tubagem em Grés DN 400

Em zona industrial com pavimento em tapete betuminoso

L (m) 264

Tipo de Intervenção: Substituição

Cod.	Designação			Rend	MO	EQ	MAT	SUB	TOTAL
1	Preparação da obra	Vg	1						3769
1.1	Sinalização + topografia								
1.2	Compra + aprovisionamento dos principais materiais								
2	Abertura de vala	ml	264	24 ml /dia	200,00 €	200,00 €			3.200,00 €
3	Instalação de tubagem e acessórios	ml	264	24 ml /dia	200,00 €	200,00 €	130,00 €		45.024,00 €
4	Aterro de vala	ml	264	24 ml /dia	200,00 €	200,00 €	6,00 €		4.784,00 €
5	Ensaio de pressão	ml	264					5,00 €	750,00 €
6	Reposição de pavimentos	m2	528					20,00 €	10.560,00 €

	64.318,00 €
SECO	68.087,00 €
Industrial	72.172,22 €
Venda	80.832,89 €

Trecho CS0351-CS0352 CS0353-CS0354 CS0355-CS0358 CS0359-CS0361

Tubagem em Fibrocimento DN 440

Em zona industrial com pavimento em tapete betuminoso

L (m) 332

Tipo de Intervenção: Reparação

Cod.	Designação			Rend	MO	EQ	MAT	SUB	TOTAL
1	Preparação da obra	Vg	4						15.076,00 €
1.1	Sinalização + topografia								
1.2	Compra + aprovisionamento dos principais materiais								
2	Abertura de vala	ml	332	24 ml /dia	200,00 €	200,00 €			3.200,00 €
3	Instalação de tubagem e acessórios	ml	332	24 ml /dia	200,00 €	200,00 €	150,00 €		63.600,00 €
4	Aterro de vala	ml	332	24 ml /dia	200,00 €	200,00 €	6,00 €		5.192,00 €
5	Ensaio de pressão	ml	332					`	750,00 €
6	Reposição de pavimentos	m2	664					20,00 €	13.280,00 €

	86.022,00 €
SECO	101.098,00 €
Industrial	107.163,88 €
Venda	120.023,55 €

Trecho CS0358-CS0359

Tubagem em Fibrocimento DN 440

Em zona industrial com pavimento em tapete betuminoso

L (m) 64

Tipo de Intervenção: Substituição

Cod.	Designação			Rend	MO	EQ	MAT	SUB	TOTAL
1	Preparação da obra	Vg	1						3.769,00 €
1.1	Sinalização + topografia								
1.2	Compra + aprovisionamento dos principais materiais								
2	Abertura de vala	ml	64	24 ml /dia	200, 00 €	200, 00 €			3.200,00 €
3	Instalação de tubagem e acessórios	ml	64	24 ml /dia	200, 00 €	200, 00 €	150,00 €		15.360,00 €
4	Aterro de vala	ml	64	24 ml /dia	200, 00 €	200, 00 €	6,00 €		3.584,00 €
5	Ensaio de pressão	ml	64					5,00 €	750,00 €
6	Reposição de pavimentos	m2	128					20,00 €	2.560,00 €
									25.454,00 €
								SECO	29.223,00 €
								Industrial	30.976,38 €
								Venda	34.693,55 €

Trecho CS0367-CS0368 CS0369-CS0370 CS0371-CS0374 CS0387-CS0390 CS0393- CS0395

CS0396-CS0397 CS03400-CS0404 CS03405-CS0408 CS0409-CS0410 CS0411-CS0412

CS0414-CS0415 CS0418-CS419 CS0421-CS0424 CS0426-CS0428 CS0431-CS0433

CS0437-CS0438 CS0691-CS0695 CS0696-CS0697

Tubagem em Fibrocimento DN 440

Em zona industrial com pavimento em tapete betuminoso

L (m) 1503,4

Tipo de Intervenção: Reparação

Cod.	Designação			Rend	MO	EQ	MAT	SUB	TOTAL
1	Preparação da obra	Vg	18						67.842,00 €
1.1	sinalização + topografia								
1.2	compra + aprovisionamento dos principais materiais								
2	Abertura de vala	Ml	1503, 4	24 ml /dia	200, 00 €	200, 00 €			3.200,00 €
3	Instalação de tubagem e acessórios	Ml	1503, 4	24 ml /dia	200, 00 €	200, 00 €	150,00 €		274.452,00 €
4	Aterro de vala	Ml	1503, 4	24 ml /dia	200, 00 €	200, 00 €	6,00 €		12.220,40 €
5	Ensaio de pressão	Ml	1503, 4					5,00 €	750,00 €
									290.622,40 €
								SECO	649.086,80 €
								Industrial	688.032,01 €
								Venda	770.595,85 €

Trecho CS0419-CS0420 CS0695-CS696

Tubagem em Fibrocimento DN 440
Em zona industrial com pavimento em tapete betuminoso

L (m) 75

Tipo de Intervenção: Substituição

Cod.	Designação			Rend	MO	EQ	MAT	SUB	TOTAL
1	Preparação da obra	Vg	2						7.538,00 €
1.1	Sinalização + topografia								
1.2	Compra + aprovisionamento dos principais materiais								
2	Abertura de vala	Ml	75	24 ml /dia	200, 00 €	200, 00 €			3.200,00 €
3	Instalação de tubagem e acessórios	Ml	75	24 ml /dia	200, 00 €	200, 00 €	150,00 €		17.340,00 €
4	Aterro de vala	ml	75	24 ml /dia	200, 00 €	200, 00 €	6,00 €		3.650,00 €
5	Ensaio de pressão	ml	75					5,00 €	750,00 €
									24.940,00 €
								SECO	57.418,00 €
								Industrial	60.863,08 €
								Venda	68.166,65 €

Trecho CS0419-CS0420 CS0695-CS696

Tubagem em Fibrocimento DN 440
Em zona industrial com pavimento em tapete betuminoso

L (m) 144

Tipo de Intervenção: Renovação

Cod.	Designação			Rend	MO	EQ	MAT	SUB	TOTAL
1	Preparação da obra	Vg	2						7538
1.1	Sinalização + topografia								
1.2	Compra + aprovisionamento dos principais materiais								
2	Abertura de vala	ml	144	24 ml /dia	200, 00 €	200, 00 €			3.200,00 €
3	Instalação de tubagem e acessórios	ml	144	24 ml /dia	200, 00 €	200, 00 €	150,00 €		29.760,00 €
4	Aterro de vala	ml	144	24 ml /dia	200, 00 €	200, 00 €	6,00 €		4.064,00 €
5	Ensaio de pressão	ml	144					5,00 €	750,00 €
									37.774,00 €
								SECO	83.086,00 €
								Industrial	88.071,16 €
								Venda	98.639,70 €
								Total	1.267.627,81 €

- Sem abertura de vala, recorrendo à técnica de Encamisamento em Cura (Cenário 2):

Custo da Obra de Reabilitação

Trecho CS0340-CS0343 CS0343-CS0344

Tubagem em Grés DN 400

Em zona industrial com pavimento em tapete betuminoso

L (m) 178

Tipo de Intervenção: Reparação

Cod.	Designação			Rend	MO	EQ	MAT	SUB	TOTAL
0	Preparação da obra	Vg	2						104.000,00 €
0.1	sinalização + topografia								
0.2	ChecKlist								
0.3	Cleaning e inspection								
1	Poços de ataque	Un	2	1 un/dia					
1.1	Abertura		2		2.000,00 €				4.000,00 €
1.2	Entivação		2		2.000,00 €				4.000,00 €
1.3	Fecho		2		500,00 €				1.000,00 €
3	Cortes/"by-pass"	Un	2	1 un/dia	500,00 €	500,00 €	1.000,00 €		3.000,00 €
4	Liner - CIPP	Ml	178					450,00 €	80.100,00 €
5	Inspecção Vídeo	Ml	178					10,00 €	1.780,00 €
5	Ensaio de pressão	Ml	178					0,00 €	0,00 €
6	Retirada de "by pass"	Un	2	1 un/dia	300,00 €	300,00 €			1.200,00 €
									95.080,00 €
								SECO	199.080,00 €
								Industrial	211.024,80 €
								Venda	236.347,78 €

Trecho CS0351-CS0352 CS0353-CS0354 CS0355-CS0358 CS0359-CS0361 CS0367-CS0368
CS0369-CS0370 CS0371-CS0374 CS0387-CS0390 CS0393-CS0395 CS0396-CS0397
CS03400-CS0404 CS03405-CS0408 CS0409-CS0410 CS0411-CS0412 CS0414-CS0415
CS0418-CS419 CS0421-CS0424 CS0426-CS0428 CS0431-CS0432 CS0437-CS0438
CS0691-CS0695 CS0696-CS0697

Tubagem em Fibrocimento DN 440

L (m) 1835,4

Tipo de Intervenção: Reparação

Cod.	Designação			Rend	MO	EQ	MAT	SUB	TOTAL
0	Preparação da obra	Vg	22						1.144.000,00 €
0.1	sinalização + topografia								
0.2	ChecKlist								

0.3	Cleaning e inspection								
1	Poços de ataque	un	2	1 un/dia					
1.1	Abertura		2		2.000,00 €				4.000,00 €
1.2	Entivação		2		2.000,00 €				4.000,00 €
1.3	Fecho		2		500,00 €				1.000,00 €
3	Cortes/"by-pass"	un	2	1 un/dia	500,00 €	500,00 €	1.000,00 €		3.000,00 €
4	Liner - CIPP	ml	1835,4					450,00 €	825.930,00 €
5	Inspecção Vídeo	ml	1835,4					10,00 €	18.354,00 €
5	Ensaio de pressão	ml	1835,4					0,00 €	0,00 €
6	Retirada de "by pass"	un	2	1 un/dia	300,00 €	300,00 €			1.200,00 €
									857.484,00 €
								SECO	2.001.484,00 €
								Industrial	2.121.573,04 €
								Venda	2.376.161,80 €

Trecho CS0344-CS0345

Tubagem em Grés DN 400

L (m) 52

Tipo de Intervenção: Renovação

Cod.	Designação			Rend	MO	EQ	MAT	SUB	TOTAL
0	Preparação da obra	Vg	1						52.000,00 €
0.1	sinalização + topografia								
0.2	ChecKlist								
0.3	Cleaning e inspection								
1	Poços de ataque	un	2	1 un/dia					
1.1	Abertura		2		2.000,00 €				4.000,00 €
1.2	Entivação		2		2.000,00 €				4.000,00 €
1.3	Fecho		2		500,00 €				1.000,00 €
3	Cortes/"by-pass"	un	2	1 un/dia	500,00 €	500,00 €	1.000,00 €		3.000,00 €
4	Liner - CIPP	ml	52					450,00 €	23.400,00 €
5	Inspecção Vídeo	ml	52					10,00 €	520,00 €
5	Ensaio de pressão	ml	52					0,00 €	0,00 €
6	Retirada de "by pass"	un	2	1 un/dia	300,00 €	300,00 €			1.200,00 €
									37.120,00 €
								SECO	89.120,00 €

Industrial	94.467,20 €
Venda	105.803,26 €

Trecho CS0424-CS0426 CS0428-CS0429

Tubagem em Fibrocimento DN 440

L (m) 144

Tipo de Intervenção: Renovação

Cod.	Designação			Rend	MO	EQ	MAT	SUB	TOTAL
0	Preparação da obra	Vg	2						104.000,00 €
0.1	sinalização + topografia								
0.2	ChecKlist								
0.3	Cleaning e inspection								
1	Poços de ataque	un	2	1 un/dia					
1.1	Abertura		2		2.000,00 €				4.000,00 €
1.2	Entivação		2		2.000,00 €				4.000,00 €
1.3	Fecho		2		500,00 €				1.000,00 €
3	Cortes/"by-pass"	un	2	1 un/dia	500,00 €	500,00 €	1.000,00 €		3.000,00 €
4	Liner - CIPP	ml	144					450,00 €	64.800,00 €
5	Inspecção Vídeo	ml	144					10,00 €	1.440,00 €
5	Ensaio de pressão	ml	144					0,00 €	0,00 €
6	Retirada de "by pass"	un	2	1 un/dia	300,00 €	300,00 €			1.200,00 €

	79.440,00 €
SECO	183.440,00 €
Industrial	194.446,40 €
Venda	217.779,97 €

Trecho CS0345-CS0351

Tubagem em Grés DN 400

L (m) 264

Tipo de Intervenção: Substituição

Cod.	Designação			Rend	MO	EQ	MAT	SUB	TOTAL
0	Preparação da obra	Vg	1						52.000,00 €
0.1	sinalização + topografia								
0.2	ChecKlist								
0.3	Cleaning e inspection								
1	Poços de ataque	Un	2	1 un/dia					
1.1	Abertura		2		2.000,00 €				4.000,00 €
1.2	Entivação		2		2.000,00 €				4.000,00 €

1.3	Fecho		2		500,00 €				1.000,00 €
3	Cortes/"by-pass"	un	2	1 un/dia	500,00 €	500,00 €	1.000,00 €		3.000,00 €
4	Liner - CIPP	ml	264					450,00 €	118.800,00 €
5	Inspecção Vídeo	ml	264					10,00 €	2.640,00 €
5	Ensaio de pressão	ml	264					0,00 €	0,00 €
6	Retirada de "by pass"	un	2	1 un/dia	300,00 €	300,00 €			1.200,00 €
									134.640,00 €
								SECO	186.640,00 €
								Industrial	197.838,40 €
								Venda	221.579,01 €

Trecho CS0358-CS0359 CS0419-CS0420 CS0695-CS696

Tubagem em Fibrocimento DN 440

L (m) 139

Tipo de Intervenção: Substituíção

Cod.	Designação			Rend	MO	EQ	MAT	SUB	TOTAL
0	Preparação da obra	Vg	3						156.000,00 €
0.1	sinalização + topografia								
0.2	ChecKlist								
0.3	Cleaning e inspection								
1	Poços de ataque	un	2	1 un/dia					
1.1	Abertura		2		2.000,00 €				4.000,00 €
1.2	Entivação		2		2.000,00 €				4.000,00 €
1.3	Fecho		2		500,00 €				1.000,00 €
3	Cortes/"by-pass"	un	2	1 un/dia	500,00 €	500,00 €	1.000,00 €		3.000,00 €
4	Liner - CIPP	ml	139					450,00 €	62.550,00 €
5	Inspecção Vídeo	ml	139					10,00 €	1.390,00 €
5	Ensaio de pressão	ml	139					0,00 €	0,00 €
6	Retirada de "by pass"	un	2	1 un/dia	300,00 €	300,00 €			1.200,00 €
									77.140,00 €
								SECO	233.140,00 €
								Industrial	247.128,40 €
								Venda	276.783,81 €
								Total	3.434.455,63 €

ANEXO C

Custo de Intervenção no Coletor de S. Romão para as situações mais graves verificadas:

Custo da Obra de Reabilitação

Trecho CS0340-CS0343

Tubagem em Grés DN 400

L (m) 178

Tipo de Intervenção: Reparação

Cod.	Designação			Rend	MO	EQ	MAT	SUB	TOTAL
1	Preparação da obra	Vg	1						3.769,00 €
1.1	Sinalização + topografia								
1.2	Compra + aprovisionamento dos principais materiais								
2	Abertura de vala	ml	178	24 ml /dia	200, 00 €	200, 00 €			3.200,00 €
3	Instalação de tubagem e acessórios	ml	178	24 ml /dia	200, 00 €	200, 00 €	130,00 €		31.608,00 €
4	Aterro de vala	ml	178	24 ml /dia	200, 00 €	200, 00 €	6,00 €		4.268,00 €
5	Ensaio de pressão	ml	178					5,00 €	750,00 €
6	Reposição de pavimentos	m2	356					20,00 €	7.120,00 €
									46.946,00 €
								Seco	50.715,00 €
								Industrial	53.757,90 €
								Venda	60.208,85 €

Trecho CS0345-CS0351

Tubagem em Grés DN 400

L (m) 264

Tipo de Intervenção: Substituíção

Cod.	Designação			Rend	MO	EQ	MAT	SUB	TOTAL
1	Preparação da obra	Vg	1						3769,00 €
1.1	sinalização + topografia								
1.2	compra + aprovisionamento dos principais materiais								
2	Abertura de vala	ml	264	24 ml /dia	200, 00 €	200, 00 €			3.200,00 €
3	Instalação de tubagem e acessórios	ml	264	24 ml /dia	200, 00 €	200, 00 €	130,00 €		45.024,00 €
4	Aterro de vala	ml	264	24 ml /dia	200, 00 €	200, 00 €	6,00 €		4.784,00 €
5	Ensaio de pressão	ml	264					5,00 €	750,00 €
6	Reposição de pavimentos	m2	528					20,00 €	10.560,00 €
									64.318,00 €
								SECO	68.087,00 €
								Industrial	72.172,22 €
								Venda	80.832,89 €

CS0358-CS0359

Trecho

Tubagem em Fibrocimento DN 440
L
(m) 64

Tipo de Intervenção: Substituíção

Cod.	Designação			Rend	MO	EQ	MAT	SUB	TOTAL
1	Preparação da obra	Vg	1						3.769,00 €
1.1	sinalização + topografia								
1.2	compra + aprovisionamento dos principais materiais								
2	Abertura de vala	ml	64	24 ml /dia	200, 00 €	200, 00 €			3.200,00 €
3	Instalação de tubagem e acessórios	ml	64	24 ml /dia	200, 00 €	200, 00 €	150,00 €		15.360,00 €
4	Aterro de vala	ml	64	24 ml /dia	200, 00 €	200, 00 €	6,00 €		3.584,00 €
5	Ensaio de pressão	ml	64					5,00 €	750,00 €
6	Reposição de pavimentos	m2	128					20,00 €	2.560,00 €
									25.454,00 €
								SECO	29.223,00 €
								Industrial	30.976,38 €
								Venda	34.693,55 €

Trecho CS0419-CS0420 CS00695-CS0696 CS0430-CS0435

Tubagem em Fibrocimento DN 440
L
(m) 190

Tipo de Intervenção: Substituíção

Cod.	Designação			Rend	MO	EQ	MAT	SUB	TOTAL
1	Preparação da obra	Vg	3						11.307,00 €
1.1	sinalização + topografia								
1.2	compra + aprovisionamento dos principais materiais								
2	Abertura de vala	ml	190	24 ml /dia	200, 00 €	200, 00 €			3.200,00 €
3	Instalação de tubagem e acessórios	ml	190	24 ml /dia	200, 00 €	200, 00 €	150,00 €		38.040,00 €
4	Aterro de vala	ml	190	24 ml /dia	200, 00 €	200, 00 €	6,00 €		4.340,00 €
5	Ensaio de pressão	ml	190					5,00 €	750,00 €
									46.330,00 €
								SECO	103.967,00 €
								Industrial	110.205,02 €
								Venda	123.429,62 €

Trecho CS0424-CS04265 CS0695-CS696 CS0428-CS0429

Tubagem em Fibrocimento DN 440
L
(m) 186

Tipo de Intervenção: Renovação

Cod.	Designação			Rend	MO	EQ	MAT	SUB	TOTAL
1	Preparação da obra	Vg	3						11.307,00 €
1.1	sinalização + topografia								
1.2	compra + aprovisionamento dos principais materiais								
2	Abertura de vala	ml	186	24 ml /dia	200,00 €	200,00 €			3.200,00 €
3	Instalação de tubagem e acessórios	ml	186	24 ml /dia	200,00 €	200,00 €	150,00 €		37.320,00 €
4	Aterro de vala	ml	186	24 ml /dia	200,00 €	200,00 €	6,00 €		4.316,00 €
5	Ensaio de pressão	ml	186					5,00 €	750,00 €
									45.586,00 €
								SECO	102.479,00 €
								Industrial	108.627,74 €
								Venda	121.663,07 €

Trecho CS0391-CS0932

Tubagem em Fibrocimento DN 440

L (m) 63

Tipo de Intervenção: Substituíção

Cod.	Designação			Rend	MO	EQ	MAT	SUB	TOTAL
1	Preparação da obra	Vg	1						3769
1.1	sinalização + topografia								
1.2	compra + aprovisionamento dos principais materiais								
2	Abertura de vala	ml	63	24 ml /dia	200,00 €	200,00 €			3.200,00 €
3	Instalação de tubagem e acessórios	ml	63	24 ml /dia	200,00 €	200,00 €	150,00 €		15.180,00 €
4	Aterro de vala	ml	63	24 ml /dia	200,00 €	200,00 €	6,00 €		3.578,00 €
5	Ensaio de pressão	ml	63					5,00 €	750,00 €
									22.708,00 €
								SECO	49.185,00 €
								Industrial	52.136,10 €
								Venda	58.392,43 €
							Total		398.387,52 €